



DU TIR DES ARMES A FEU

ET PRINCIPALEMENT

DU TIR DU FUSIL,

PAR

M. DELORME DU QUESNEY,
chef d'escadron d'artillerie;

SUIVI

D'UNE MÉTHODE POUR RENDRE,

DANS TRÈS-PEU DE TEMPS,
TOUS LES SOLDATS HABILES DANS CET EXERCICE,

PAR A. DESBORDELIERS,
capitaine.

Bruxelles.
A. JAMAR, ÉDITEUR,
8 bis, rue des Minimes.


FONDO PIZZOFALCONE

DU TIR DES ARMES A FEU

ET PRINCIPALEMENT

DU TIR DU FUSIL.

Imprimerie de Delevingne et Callewaert.

DU TIR DES ARMES A FEU

ET PRINCIPALEMENT

DU TIR DU FUSIL,

PAR

M. DELORME DU QUESNEY,

CHEF D'ESCADRON;

SUIVI

D'UNE MÉTHODE POUR RENDRE,

DANS TRÈS-PEU DE TEMPS,
TOUS LES SOLDATS HABILES DANS CET EXERCICE,

Par A. Desbordeliers,

capitaine au 9e régim. de chasseurs.



BRUXELLES.

A. JAMAR, ÉDITEUR,
8 bis, rue des Minimes.

1846



BIBLIOTHÈQUE DE L'ARMÉE.

Le succès de cette publication a dépassé notre attente. Plus de 300 souscripteurs, inscrits avant la mise en vente du 1er volume, c'est là un résultat que nous n'osions espérer. Aussi croyons-nous accomplir un devoir de reconnaissance en publiant en tête du 1er et du 2e volume les noms des souscripteurs qui, par leur concours spontané, ont contribué à fonder cette entreprise.

PREMIÈRE LISTE.

Souscripteurs-fondateurs [1].

ÉCOLE MILITAIRE.

M. le général-major.

Chapelié.
La bibliothèque de l'École militaire.

CORPS D'ÉTAT-MAJOR.

M. le lieutenant-colonel.

Neremburger.

MM. les capitaines.

Polcking.
Lemaire.
Vanderheyde.

INFANTERIE.

M. le général-major.

Deys.

M. le lieutenant-colonel.

Van Erp.

[1] N'ayant pas encore reçu la plupart des listes de souscription envoyées à MM. les généraux et colonels, nous croyons devoir prévenir MM. les officiers que les souscripteurs inscrits avant la mise en vente du 2e volume seront *seuls* considérés comme souscripteurs-fondateurs. Les souscripteurs-fondateurs recevront *gratis* les cartes et plans qui pourraient accompagner les volumes de la *Bibliothèque Nationale*.

Leurs.
Mailliet.
Mamet.
Marchand.
Michalowski.
Micheels.
Mockel.
Murat (de).
Orban.
Pilette.
Reume (de).
Ritter (P.).
Rousseau.
Schummer.
Splingard.
Thierry (de).
Tummers.
Vander Straeten de Ponthoz (Baron).
Wellens.
Simon.
Van de Casteele.

MM. les lieutenants.

Anciaux.
Ambrosy.
Berger.
Balot (L.).
Bourlard.
Cante.
Delerue.
De Neeff.
De Puydt (G.), instructeur.
Dupont (H.).
Deppe.
Didier.
Gahide.
Gau-des-Voves.
Gillion.
Goethals.
Henri.
Heusschen.
Jean Mathieu.
Kensier.
Lechat.
Leray.
Marson.
Meurs.
Nypels (A.).
Navez.
Puydt (de).
Prisse.
Robaeys.
Salkin (F.).
Simon (J.).
Schummer.
Therssen (E.).
Thonard.
Tyrell.
Thirion.
Vanbever.
Vander Grinten.
Vanderstegen (Comte).

MM. les sous-lieutenants.

Bosmans.
Dufrène (E.).
Dupart.
Hanoteau.
Jacmart.
Leleux.
Philipkin.
Prost (J.).
Van Damme (E.).
Vilain (L.).

MM les gardes d'artillerie.

Bernard.
Carré.
Coclers (L.).
Couturat.
Deppé (J.).
De l'Argentière.
Hawotte (Ch.).
Roosen.

MM. les sergents.

Geyzen.
Mauroit.
Wencken.
Bachim, caporal fourrier.
Lecat.

Bibliothèques régimentaires.

Bibliothèque des officiers du 11e régiment de ligne.
Bibliothèque du 3e régiment de chasseurs a pied.
Bibliothèque du 8e régiment de ligne.
Bibliothèque des sous-officiers du 8e régiment de ligne.

CAVALERIE.

MM. les lieutenants-colonels.

Ablay (J. G.).
Frison.

MM. les capitaines.

De Tiecken de Terhove.
Poppe.
Selle.
Van Langhenhoven.

MM. les maréchaux-des-logis-chefs.

Rouvroy.
Sax (A.).

MM. les maréchaux-des-logis-fourriers.

Delaveleye.
Janssen.
Robyns.

MM. les maréchaux-des-logis.

Ceuppens.
Deneef (E.).
Derreveaux.
Evrard (A.).
Gobbels.
Goffin.
Grevesse.
Hamoir.
Lehanne.
Ros (A.).
Van de Prisse.
Van Rossen (A.).
Vielvoye.
Voet.

MM. les brigadiers-fourriers.

Desmons (E.).
François (J. B.).

MM. les adjudants-sous-officiers.

Fleury (P.).
Vanderveken.

MM. les sergents-majors.

Dumenil.
Leonard.
Noel (R.).

MM. les sergents-fourriers.

Becquart.
De Liser (L.).
Casier.
Capelle (Ch.).

MM. les sergents.

Cuvelier.
Dusart.
De Vuyst.
Delrue.
Dubois (J.).
Deprez.
Demeuse.
Devadder.
De Roy.
Fresen.
Kore.
Lefebure (P.).
Lohier (L. J.).
Lecrenier (J. B.).
Lehmann.
Mathieu (D.).
Renodeyn.
Stembert (Ch.).
Sirou (F.).
Van Halewieck.

A SON ALTESSE ROYALE

MONSEIGNEUR

LE DUC DE MONTPENSIER.

MONSEIGNEUR,

J'ai l'honneur de dédier à Votre Altesse Royale ce travail sur le tir en général, et principalement sur le tir du fusil; question d'une haute importance qui a été, jusqu'à ce jour, l'objet d'études nombreuses et variées.

A la fois théorique et pratique, les savants ont cherché à la résoudre par l'analyse mathématique, et les praticiens par des expériences dirigées avec cet esprit de suite et de sage progrès qui a de tout temps caractérisé le corps de l'artillerie.

Mais ce double point de vue sous lequel la question du mouvement des projectiles doit nécessairement être traitée, en rend l'étude assez difficile; car le langage des sciences ne peut être compris sans une instruction première assez étendue : et même, pour beaucoup de personnes qui ont acquis à l'École polytechnique des connaissances profondes et variées, le manque d'habitude, l'oubli inévitable de quelques-uns de ces résultats abstraits que l'esprit a souvent eu de la peine à comprendre, enfin les progrès journaliers des sciences qu'il est bien difficile de suivre au milieu des préoccupations du service, rendent l'étude des questions traitées sous le point de vue purement théorique assez difficile pour rebuter les meilleurs esprits.

Aussi, il m'a paru qu'il y aurait quelque utilité à présenter les travaux des savants sous le point de vue qui a dirigé leurs recherches, en faisant connaître les résultats auxquels ils sont parvenus, tout en écartant les procédés purement techniques qui ont été l'instrument de leurs calculs : on peut très-bien comprendre le principe et les résultats d'une machine, sans connaître ses mille rouages compliqués et les détails de leur construction : il m'a paru qu'il serait également possible de faire apprécier l'importance et l'utilité des travaux purement scientifiques, sans entrer dans des détails qui effrayent la plupart des lecteurs. J'ai voulu pouvoir être compris par tous ceux qui possèdent les connaissances élémentaires des sciences et de l'art militaire; bien persuadé que pour toutes ces questions, qui en définitive sont des questions de pratique, c'est bien plus à un jugement sain qu'à une

science profonde qu'il faut s'adresser pour obtenir une solution.

J'ai pensé qu'il y aurait quelque interêt à mettre en regard les résultats de la théorie et ceux de l'expérience; à les discuter comparativement, et à en déduire des conséquences positives qui puissent servir de base aux études, en éclairant les recherches expérimentales avec les lumières de la science, et en limitant les études scientifiques par les données de l'expérience.

Je ne sais si j'ai atteint ce double but, et si mon désir d'être utile et l'intérêt du sujet ne m'ont pas fait trop présumer de mes forces; mais en m'adressant à Votre Altesse Royale, je sais que je puis compter sur son indulgence, car elle connatt toutes les difficultés de la question.

Pour la partie scientifique, j'ai consulté les auteurs les plus célèbres; et dans la discussion des méthodes et des résultats, je me suis presque toujours appuyé de l'opinion des savants de notre époque, et principalement de celles de MM. Poisson, Gay-Lussac, Piobert, Morin, etc., dont il suffit de citer les noms.

Tous les résultats d'expériences ont été pris dans les archives du comité d'artillerie et dans les documents les plus récents : dans mes études sur le fusil, j'ai consulté en outre les officiers qui s'occupent spécialement des armes portatives, parmi lesquels je dois citer MM. de Poncharra, d'Haubersin, Céas et Tamisier, chez lesquels j'ai trouvé cette obligeance de camarade qui existe dans tous les grades de l'artillerie.

Quant à ce qui a rapport à la tactique en général,

je me suis guidé sur nos plus célèbres auteurs d'art militaire, Guibert, Jomini. Rogniat, Marbot, Decker, de Ternay, Rocquancourt, etc., et j'ai bien plutôt cherché à résumer leurs opinions qui font autorité, qu'à en exposer qui me soient propres.

Je n'ose espérer que j'aie atteint le but un peu vaste peut être que je me suis proposé ; mais je serais content si ce résumé de la question du tir pouvait du moins faciliter des travaux plus étendus et plus complets ; et je serais bien heureux si Votre Altesse Royale, juge si éclairé de tout ce qui concerne l'artillerie, et dont la bienveillance pour tous les officiers de l'arme dans laquelle elle veut bien servir, m'a laissé personnellement de si profonds souvenirs de reconnaissance, trouvait ce travail digne de quelque intérêt : ce serait pour moi une bien haute récompense de mes efforts, et un nouveau motif de persévérer dans des études dont le seul but est d'être utile à mon pays et à l'arme à laquelle j'ai l'honneur d'appartenir.

J'ai l'honneur d'être, avec un profond respect.

De Votre Altesse Royale,

Monseigneur,

Le très-humble et très-obéissant serviteur,

Le chef d'escadron d'artillerie,

A. DU QUESNEY.

Avril 1845.

DU TIR DES PROJECTILES

ET PRINCIPALEMENT

DU TIR DU FUSIL.

INTRODUCTION.

Exposition de la question.—Depuis la paix, à la suite de travaux consciencieux et d'expériences nombreuses et variées, d'importantes améliorations ont été apportées au matériel de l'artillerie et aux armes portatives.

Le fusil d'infanterie, cette arme principale des armées modernes, a été l'objet d'études et de travaux importants exécutés par ordre du gouvernement, et de propositions nombreuses faites dans un esprit de progrès qu'on ne saurait trop encourager, qui tendent

toutes à son perfectionnement, principalement sous le rapport du tir.

Parmi ces nombreuses propositions, ces inventions variées, beaucoup ne sont que la reproduction d'idées déjà émises, puis discutées et repoussées; d'autres dénotent l'ignorance des principes de la science, des données de l'expérience, et surtout des conditions indispensables et très-variées auxquelles doivent satisfaire les armes de guerre; bien peu sont susceptibles d'être adoptées sans modifications; car presque toujours, dans la préoccupation du problème particulier que l'on veut résoudre, on perd de vue la question générale; on oublie ou l'on ignore que dans l'artillerie il n'y a point de fait isolé, que tout se tient, que tout est solidaire, et que la plus légère modification dans une partie en apparence peu importante d'une arme, peut entraîner un changement complet dans tout le système de l'armement et même dans la fortification qui est basée sur la portée moyenne des armes actuelles; or c'est la confiance qu'inspirent les armes, qui sert de base à la puissance et à la sécurité du pays : aussi, n'est-ce qu'avec la plus grande réserve, après des essais nombreux et variés, que l'on peut songer à apporter la moindre modification à une arme sans doute susceptible de perfectionnements, mais qui cependant, dans son état actuel, a satisfait convenablement aux nécessités des guerres de la révolution.

Conditions de toute amélioration. — En présence des idées nouvelles, ou soi-disant nouvelles qui surgissent de tous côtés, qui demandent un jugement que souvent on ne veut pas accepter, il nous a sem-

blé qu'il y aurait quelque utilité à bien poser les questions, à faire connaître succinctement ce que la science enseigne, et ce que l'expérience apprend ; car c'est seulement en combinant les principes et les faits acquis, avec les conditions auxquelles doit satisfaire une arme de guerre, que l'on peut songer à proposer des modifications vraiment susceptibles d'être adoptées ; et alors, il restera toujours à examiner si les avantages d'une amélioration l'emportent sur le danger d'innover.

Examinons d'abord la question théorique.

CHAPITRE PREMIER.

THÉORIE GÉNÉRALE.

Mouvement des projectiles.—La question du tir des projectiles, considérée sous son point de vue le plus général, consiste évidemment à trouver des formules qui représentent toutes les circonstances de leur mouvement, et qui permettent par conséquent, certaines données étant admises, d'obtenir immédiatement les solutions des autres questions résultant des lois générales du mouvement.

Ainsi : un corps sphérique, par exemple, de dimension et de densité données, étant lancé sous une inclinaison et avec une vitesse connues, quelles seront sa position et sa vitesse à telle distance de son point de départ? Quelle vitesse faudra-t-il lui communiquer, sous quelle inclinaison devra-t-il être lancé, pour qu'il vienne frapper un but déterminé sous un certain angle et avec une vitesse donnée? Et ces questions ont beaucoup plus d'importance qu'on ne le supposerait au premier aperçu; car il ne suffit pas qu'un projectile arrive simplement au but que l'on

veut frapper, il faut qu'il y arrive avec la vitesse et sous l'angle nécessaires pour lui faire produire l'effet que l'on désire, soit que l'on veuille seulement tuer un homme, ou faire parcourir en bondissant une ligne déterminée, percer un mur, un obstacle, ou les renverser; briser en éclats des palissades ou des affûts, etc., etc. Il ne suffit pas non plus qu'une arme puisse avoir une certaine portée, il faut que cette portée se concilie avec un certain degré de justesse, pour laquelle il y a lieu d'avoir égard à l'angle de tir et à la vitesse initiale, c'est-à-dire à la charge; or, comme de la charge dépendent certaines conditions de formes auxquelles une arme doit satisfaire, on comprend combien il serait important de connaître *à priori* toutes les circonstances du mouvement des projectiles; c'est là une question de dynamique, et nous allons d'abord exposer comment les géomètres ont tenté de la résoudre.

Masse des corps. — On se représente les corps comme composés de parties matérielles, de molécules, séparées entre elles par des espaces vides appelés pores : c'est le seul moyen pour nous de comprendre la compression ou la dilatation des corps et leurs divers passages aux états solide, liquide ou gazeux.

Suivant que les pores sont plus ou moins grands, le nombre des parties matérielles est plus faible ou plus grand. On appelle masse d'un corps la quantité de parties matérielles dont il est composé.

Inertie de la matière.— Une propriété générale de la matière, c'est l'inertie, c'est-à-dire l'impossibilité où sont les corps de changer leur état de mouvement ou de repos sans le secours d'une cause parti-

culière qui agit sur eux à l'instant où ils changent d'état.

Si donc un corps est mis en mouvement par l'action d'une force et ensuite abandonné à lui-même, il se mouvra indéfiniment en ligne droite, et d'un mouvement uniforme, tant qu'une nouvelle force ne viendra pas changer ou détruire l'effet de la première.

On sait que la force qui met en mouvement les projectiles de l'artillerie est due à l'inflammation de la poudre qui détermine une quantité considérable de produits gazeux, lesquels, en vertu de l'énorme pression qu'ils exercent presque instantanément en tous sens, chassent le projectile dans une direction qui ne s'écarte généralement pas beaucoup de l'axe de la bouche à feu, et avec une vitesse qui dépend de la quantité de gaz produit et de leur force élastique.

Mouvement en ligne droite. — En admettant donc que l'action de cette force accélératrice ait lieu sur le projectile tant qu'il se meut dans l'âme, et qu'elle cesse au moment où il en sort, il devrait toujours continuer à se mouvoir uniformément avec cette vitesse acquise, en suivant la ligne droite qu'il parcourait à son départ.

Pesanteur; son action. Mouvement dans le vide. Courbe décrite par le projectile. — Mais il n'en est pas ainsi; il y a dans la nature une force qui agit constamment sur toutes les particules de la matière : c'est la pesanteur. Son action s'exerce dans des directions perpendiculaires à la surface de la terre; c'est une force accélératrice constante dont la loi est bien connue. Aussitôt donc que le projectile cesse d'être soutenu par le tube qui le renferme, il obéit à

cette force, et, par conséquent, il s'écarte de plus en plus de sa direction primitive jusqu'à ce qu'il vienne enfin tomber sur le sol. En supposant que le projectile se meuve dans le vide, on détermine assez simplement les diverses circonstances de son mouvement; et si l'on suppose reliées entre elles toutes les positions qu'il a occupées depuis sa sortie de la bouche à feu, jusqu'à la fin de son mouvement, on prouve que cette courbe, appelée la trajectoire, est une parabole; on établit algébriquement les relations qu'il y a entre la position en un point quelconque de la courbe, la vitesse initiale et l'angle de départ du projectile; et la relation qu'il y a entre la vitesse du projectile en un point quelconque de la trajectoire, et sa vitesse à l'origine; de telle sorte qu'il n'y a rien de plus facile que de résoudre les problèmes principaux de la balistique. Quelle sera la portée d'un projectile lancé avec une vitesse et sous un angle connus? La vitesse initiale étant connue, quel doit être l'angle de départ pour qu'un projectile frappe un but donné?... Quelle vitesse faut-il lui donner au départ pour qu'il ait telle vitesse à l'arrivée? etc., etc., et en combinant ces solutions avec les nécessités pratiques qui limitent les inclinaisons et les vitesses initiales, on voit que l'on résoudrait assez simplement toutes les questions de la balistique.

Résistance de l'air; son effet. — Mais, dans la réalité, les projectiles ne se meuvent pas dans le vide; ils se meuvent dans l'air: ils rencontrent donc continuellement des molécules qu'ils sont obligés de déplacer pour traverser ce fluide; or ces particules, par suite de leur inertie, commune à toutes les parties

de la matière, résistent à leur déplacement, et ne prennent de mouvement qu'en ralentissant celui du mobile, qui perd ainsi, à chaque instant, une partie de sa vitesse : et l'on aurait grand tort de penser, comme les premiers artilleurs, que par suite de l'extrême rareté de l'air comparée à la densité des projectiles, sa résistance soit peu considérable et puisse être négligée. Des expériences ont été exécutées à Saint-Pétersbourg en 1771 sur divers projectiles, dans le but de comparer leurs portées et leurs vitesses réelles avec ce qu'elles auraient été dans le vide, d'après les formules de la mécanique; il en résulte que pour les petits projectiles animés de grandes vitesses, les portées dans l'air ne sont pas la trente-quatrième partie de ce qu'elles seraient dans le vide; et bien que pour les gros projectiles animés de petites vitesses, la différence ne soit pas aussi énorme, elle est toujours très-considérable et de plus du cinquième.

Direction de la résistance de l'air.— Cette résistance de l'air est une force dirigée à chaque instant tangentiellement à la trajectoire, et en sens contraire du mouvement du projectile. Mais quelle est sa loi?.. Elle dépend évidemment de la forme, des dimensions, de la densité et de la vitesse du corps, ainsi que de la densité de l'air.

Résistance de l'air contre un plan.—Il est clair que la résistance de l'air est plus grande contre un plan qui se meut perpendiculairement à la direction du mouvement, que contre un plan qui lui serait incliné;

Qu'elle augmente, toutes choses égales d'ailleurs, avec la surface du plan.

On la suppose proportionnelle à l'étendue des surfaces quand les plans sont perpendiculaires à la direction du mouvement ; et quand les plans sont inclinés, on la suppose proportionnelle aux carrés des sinus d'inclinaison ; mais l'expérience ne confirme pas ces hypothèses, ou du moins ne les confirme que pour certaines vitesses.

Les expériences de Borda, confirmées en cela par celles faites à Metz en 1835, prouvent que la forme des plans a de l'influence sur la résistance qu'ils éprouvent dans l'air ; ainsi un plan terminé par un cercle éprouve moins de résistance qu'un carré de même surface.

La résistance varie avec la forme des surfaces. — La résistance de l'air agit avec moins de force contre une surface sphérique que contre sa projection ; ainsi on démontre que la résistance éprouvée par une sphère n'est que la moitié de celle éprouvée par un cylindre de même diamètre et de même densité se mouvant dans la direction de son axe.

On admet généralement en outre, que la résistance de l'air est proportionnelle au carré de la vitesse ; car, dit-on, elle est proportionnelle au nombre de molécules frappées ; c'est-à-dire à la vitesse, et à la force avec laquelle chaque molécule est frappée, c'est-à-dire encore à la vitesse ; mais il faudrait, pour que cette loi fût tout à fait exacte, que l'air jouît d'une élasticité parfaite ; ce qu'on ne peut admettre. M. Poisson, dans un rapport fait au comité d'artillerie en 1832, s'exprime ainsi :

« La vérité est que la théorie de la résistance des « fluides n'est nullement fondée ; que la détermina-

« tion de cette force tient à d'autres principes, et « qu'on ne doit considérer l'expression admise pour « la résistance qu'éprouve un projectile sphérique, « que comme une approximation. »

M. Poisson, dans le même rapport, émet cependant l'opinion que cette loi serait assez exacte dans le cas des très-grandes vitesses. D'un autre côté, il semble résulter des expériences faites en 1771 à Saint-Pétersbourg, et de celles de Hutton, que dans ce dernier cas l'exposant de la vitesse serait supérieur à 2. Quelques auteurs adoptent la puissance 5/2. Enfin, dans le cas des très-petites vitesses, comme celles des oscillations du pendule à secondes, M. Poisson a démontré que la résistance de l'air est simplement proportionnelle à la vitesse.

La loi de la résistance de l'air n'est pas exacte. — Ainsi la loi admise par les géomètres, et qui sert de base à toutes les théories de balistique, est loin de donner l'expression réelle de la résistance de l'air.

Mais admettons qu'elle soit exacte : on démontre, en partant de cette hypothèse, que lorsqu'il s'agit de projectiles sphériques et homogènes, la résistance est en outre proportionnelle à la densité de l'air, et en raison inverse de la densité du projectile et de son rayon ; il entre, en outre, dans l'expression algébrique de la résistance, une quantité numérique qui dépend seulement de la matière du projectile, et que l'on doit déterminer par l'expérience.

Mouvement des projectiles dans l'air. Les équations ne peuvent être résolues. — Cette valeur de la résistance ainsi établie, on l'introduit dans les formules générales du mouvement des projectiles,

et l'on obtient trois équations qui représentent toutes les circonstances de leur mouvement dans l'air. Malheureusement ces équations sont des équations différentielles, et M. Poisson pense (*Traité de mécanique*) que leur forme ne permet pas d'espérer que l'on puisse jamais les ramener à une forme finie, condition indispensable pour résoudre rigoureusement les problèmes de la balistique dans le cas du mouvement dans l'air.

Tracé approximatif de la trajectoire. — A la vérité, M. Poisson indique le moyen de tracer par approximation la courbe décrite par le projectile; mais, par ces procédés très-longs et peu exacts, on peut bien, à la rigueur, acquérir une idée de la forme de la courbe, mais on ne peut songer à en tirer parti pour la solution des questions pratiques de l'artillerie.

Planchette du canonnier. — Cette possibilité de représenter graphiquement la courbe décrite dans l'air par les projectiles, a même été étendue à toutes les circonstances de leur mouvement; et un savant professeur (M. d'Obenheim) a construit, sous le titre beaucoup trop modeste de planchette du canonnier, une feuille de dessin qui permet de résoudre la plupart des questions de la balistique; mais on doit faire observer que les résultats sont comme les données, purement théoriques, et ne sont que bien rarement confirmés par l'expérience.

Tables de tir; elles ne sont pas exactes.—D'autres auteurs, tout en partant des mêmes bases théoriques, forcés de renoncer à la solution du problème en général, se sont bornés à résoudre diverses ques-

tions particulières, à l'aide d'hypothèses spéciales plus ou moins admissibles : on a calculé, de cette manière, des tables qui permettent de résoudre les principales questions relatives au tir des bouches à feu, mais d'une manière trop peu approchée pour être applicables dans la pratique.

Causes de déviation qui ne sont pas introduites dans le calcul. — C'est que, outre l'erreur fondamentale sur la loi de la résistance de l'air et l'impossibilité d'obtenir une solution géométrique rigoureuse en termes finis que nous avons signalées, il y a encore des causes principales qui agissent sur les projectiles, et auxquelles on n'a pas eu égard dans la théorie de leur mouvement dans l'air.

Mouvement gyratoire. — Une des plus considérables peut-être, est le mouvement gyratoire qu'ils prennent presque toujours.

On démontre, en mécanique (Poisson), que lorsqu'un corps est mis en mouvement par une force dont la direction ne passe pas par son centre de gravité, il prend un double mouvement : un mouvement de translation, comme si la force motrice avait été appliquée à son centre de gravité, et un mouvement de rotation autour d'un des axes de ce corps, passant par ce point, qui généralement change à chaque instant, et que l'on appelle, pour ce motif, *l'axe instantané de rotation.*

Déviations dues au mouvement gyratoire. — Or ce mouvement gyratoire peut avoir une grande influence sur la justesse du tir.

M. Poisson, dans un mémoire de haute analyse, publié en 1839, a examiné cette question.

Il l'a traitée d'abord sous le point de vue le plus général, et il est parvenu à des équations différentielles très-compliquées, que l'on ne peut appliquer même par approximation; il l'a restreinte ensuite à des cas particuliers, de manière à pouvoir obtenir des résultats utiles à l'artillerie.

Voici ceux auxquels il est parvenu :

Résultats obtenus par le calcul.—Lorsqu'un projectile parfaitement sphérique et homogène tourne, en sortant de la pièce, autour d'un de ses diamètres, ce mouvement continue pendant toute la durée du trajet, dans le même sens et autour du même diamètre, qui reste ainsi constamment parallèle à lui-même.

Cette vitesse de rotation décroît par suite du frottement de l'air; mais d'une manière insensible, relativement à la durée du mouvement de translation.

La vitesse de rotation peut produire des déviations assez considérables du projectile dans le sens horizontal et dans le sens vertical.

La déviation horizontale, à droite ou à gauche du plan vertical de la trajectoire, a lieu du même côté pendant toute la durée du trajet. Si le projectile tourne autour d'un axe vertical, et si le mouvement de rotation de l'hémisphère antérieur a lieu de gauche à droite, en regardant le but, la déviation a lieu à gauche : si la rotation a lieu de droite à gauche, le projectile est dévié à droite.

Il n'y a pas de déviation quand l'axe de rotation est horizontal : ce résultat est fort important.

La déviation verticale, due à la même cause, con-

serve, pendant toute la durée du trajet, un rapport constant avec la déviation horizontale.

Elle s'évanouit lorsque l'axe de rotation est vertical : lorsqu'il est horizontal et perpendiculaire au plan de projection, l'effet de cette déviation verticale est d'élever ou d'abaisser le projectile, et, en conséquence, d'augmenter ou de diminuer les portées horizontales, selon que la partie antérieure du mobile tourne du haut vers le bas, ou du bas vers le haut.

Ces résultats se rapportent au cas du tir à très-peu près horizontal.

On pouvait du reste prévoir sans calculs ces effets du mouvement gyratoire et les déviations qui en sont la conséquence; car elles sont dues à l'excès de la densité de l'air en avant du projectile, sur sa densité en arrière; excès qui donne lieu à un plus grand frottement du fluide contre l'hémisphère antérieur, et à un moindre contre l'hémisphère postérieur; et il est facile, en ayant égard à la direction du mouvement de rotation, d'arriver à la même conclusion que celle qui résulte du calcul; et cette différence de pression de l'air en avant et en arrière du projectile peut être très-considérable, comme dans le cas, par exemple, où sa vitesse est supérieure à celle avec laquelle l'air rentre dans le vide (420^m).

M. Poisson ne considère ainsi qu'un seul résultat du mouvement de rotation que prend le projectile à l'origine de sa trajectoire ; mais M. le colonel Piobert fait observer, avec raison, que l'effet de la rotation de la balle est beaucoup plus complexe. Si l'on suppose, pour fixer les idées, l'axe de rotation vertical à l'origine du mouvement, et le mouvement de la partie

antérieure du projectile ayant lieu de droite à gauche, l'effet de la rotation sera, comme nous venons de le voir, de le faire dévier à droite; mais dans ce mouvement du projectile, l'hémisphère situé à droite du plan de tir, se meut dans le sens de la translation, tandis que l'hémisphère situé à gauche se meut dans le sens opposé: le frottement de l'air est donc plus grand sur l'hémisphère de droite que sur celui de gauche, et, par suite, le projectile est poussé à gauche,

Double déviation des projectiles. — Ainsi donc il y a deux causes qui tendent à faire dévier le projectile dans des sens opposés, et comme la seconde diminue avec la vitesse de translation, tandis que la première reste à peu près constante pendant tout le trajet, il en résulte que leur effet peut être de faire dévier le projectile d'abord dans un sens, puis dans le sens opposé, ainsi que l'expérience prouve que cela a lieu surtout pour les gros projectiles animés de faibles vitesses.

Influence de la non-sphéricité de la balle. — M. Poisson examine ensuite quels sont les effets de la non-sphéricité, mais seulement dans le cas où la balle, toujours homogène, serait une sphère un peu aplatie ou un peu allongée, et lorsqu'elle est lancée par une arme rayée en hélices, qui lui imprime, à l'origine de son mouvement, une rotation autour d'un axe qui s'écarte très-peu de l'axe du canon, et dans le cas d'un tir à peu près horizontal.

Alors la balle doit toujours frapper la cible par sa partie antérieure; et cela est confirmé par l'expérience.

La forme allongée ou la forme aplatie de la balle

donnent lieu à des déviations dans un sens déterminé; l'effet de la rotation est d'augmenter ou de diminuer la portée.

Sous le même angle de tir la balle allongée donne plus de portée que la balle sphérique, qui a elle-même plus de portée que la balle aplatie; cela est confirmé d'une manière très-remarquable par les expériences faites dans les manufactures d'armes en 1841, pour l'établissement de la nouvelle carabine; il a été constaté que, bien que la vitesse initiale de la balle de la carabine mesurée au pendule, soit supérieure à celle de la balle du fusil, cependant les portées estimées par l'enfoncement des balles dans des planches de sapin à diverses distances, sont moindres pour la balle de la carabine, qui est aplatie, que pour celle du fusil, qui est restée sphérique.

Justesse du tir d'après la forme de la balle.— Quant à la justesse, l'angle de tir qui convient à une forme de balle, ne convient pas à l'autre; ainsi, pour une distance constante, en tirant avec une balle aplatie, sous un certain angle on aura plus de justesse qu'avec une balle allongée; mais il y aura un certain angle avec lequel on aura plus de justesse en employant la balle allongée.

Cependant, il résulte des expériences faites à ce sujet à Châtellerault en 1838, et répétées depuis à Metz, sous la direction de l'habile et savant professeur du cours d'artillerie à l'École d'application, M. le capitaine Didion, que la balle à axe de rotation raccourci, tirée avec la carabine rayée, l'a toujours emporté en justesse, sous tous les angles de tir, sur les autres balles à axe de rotation plus ou moins allongé;

résultat que l'on explique par l'influence du mouvement gyratoire qui a son *maximum* de stabilité lorsqu'il a lieu autour du plus petit diamètre du projectile.

Les déviations provenant du mouvement gyratoire des balles de carabine sont presque insensibles.—Dans la carabine, les déviations horizontales auront lieu à droite ou à gauche du plan de tir, suivant que le tracé des hélices déterminera la balle à prendre son mouvement de rotation de gauche à droite, ou de droite à gauche; mais ces déviations sont presque insensibles. Dans une application de ses formules, donnée par M. Poisson, et vérifiée aussi complétement que possible par des expériences directes, la déviation horizontale d'une balle de carabine à 250^{m}, n'a été que de quelques millimètres seulement.

Influence de l'excentricité des projectiles. — M. Poisson examine ensuite le cas où le projectile sphérique ne serait pas parfaitement homogène; mais seulement lorsque le centre de gravité est très-peu éloigné du centre de figure, ainsi que cela a toujours lieu dans les divers projectiles de l'artillerie. Sa conclusion est qu'une petite excentricité a beaucoup moins d'influence sur la justesse du tir, que l'aplatissement ou l'allongement de la balle sphérique dans le tir de la carabine : cette excentricité n'a presque aucun effet dans le tir des bombes, et ne détermine nullement leur chute du côté de leur surface qui est le plus rapproché de leur centre de gravité, comme le pensent quelques personnes.

Résumé des résultats du calcul pour le tir de



la carabine. — Ainsi, d'après M. Poisson, lorsque le tir est à peu près horizontal et lorsque la balle sphérique a pris, à l'origine, un mouvement de rotation autour d'un axe qui se confond avec la ligne de tir, les déviations dues à la résistance de l'air sont nulles. Si la balle est un peu allongée ou un peu aplatie, elle éprouve des déviations, mais qui sont trop faibles pour qu'on doive y avoir égard dans la pratique; elles sont plus faibles encore, si le projectile sphérique n'est pas complétement homogène.

Ces résultats de l'analyse ont des conséquences fort importantes, et nous verrons plus tard l'application qu'on en a faite à certaines armes de précision.

Les projectiles ont en général un mouvement de rotation en sortant du canon. — En général, les projectiles de l'artillerie, soit par suite des battements qu'ils éprouvent dans l'intérieur des bouches à feu, soit parce qu'ils ne sont ni rigoureusement sphériques, ni homogènes, soit par suite de la manière dont la poudre est enflammée, sont mis en mouvement par des forces dont la résultante ne passe pas par leurs centres de gravité : ils ont donc, à leur sortie du canon, ce mouvement de rotation dont il vient d'être question, qui peut déterminer les déviations considérables, et même faire parcourir au projectile une courbe à double courbure; effet déjà signalé par Robins.

Le mouvement de rotation très-sensible dans les bombes et prouvé par l'expérience pour les autres projectiles. — Ce mouvement de rotation, et les déviations qui en résultent, sont très-sensibles dans le tir des gros projectiles animés de faibles vitesses

comme les bombes, et on les voit facilement en se plaçant dans le plan du tir. Quant aux projectiles animés de grandes vitesses, leurs mouvements de rotation, et les déviations qui en sont la conséquence, ont été démontrés et rendus très-sensibles par les expériences faites à Metz en 1835, dans le but de déterminer la loi de pénétration des projectiles dans l'eau : il est clair que la densité de ce fluide étant bien plus considérable que celle de l'air, les déviations dues au mouvement de rotation y seront bien plus prononcées, et c'est ce qui a eu lieu effectivement. Des boulets tirés horizontalement, à un mètre au-dessous de la surface de l'eau, ont dévié verticalement, de manière à sortir de l'eau et à parcourir dans l'air une partie considérable de leur trajectoire ; et cet effet a été encore bien plus sensible pour les projectiles peu denses et nécessairement excentriques, comme les obus, dont les déviations ont été énormes.

Quant aux balles tirées avec le fusil, il a été prouvé, en faisant une marque sur leur partie antérieure, qu'elles frappent le but, quelle que soit sa distance, par un point quelconque de leur surface.

Idée d'utiliser le mouvement gyratoire des projectiles. — Rien donc de mieux prouvé que cette cause de perturbations. Un officier général d'un haut mérite, M. le général Paixhans, a même proposé de profiter de cette propriété des corps, en employant, dans l'artillerie, des projectiles excentriques dont la position du centre de gravité serait calculée de telle sorte, et l'emplacement dans la bouche à feu déterminé de telle manière, que l'on pût régler les déviations, soit pour augmenter les portées sans augmen-

ter les charges, soit pour atteindre des buts situés en dehors du plan de tir, ce qui aurait un avantage incontestable pour les batteries à embrasure, dont le champ de tir est nécessairement limité : cette idée avait du reste déjà été émise par un officier prussien, et à la suite d'expériences faites à ce sujet à Vincennes en 1841, le comité fit un rapport dont les conclusions lui furent peu favorables.

Le mouvement gyratoire ne peut être apprécié par le calcul. — Lors même que cette cause de déviations aurait été bien connue, on conçoit l'impossibilité de l'introduire dans les formules; car comment apprécier l'intensité et la direction de cette force qui détermine le mouvement de rotation?.... Et cela est cependant indispensable si l'on veut obtenir une formule applicable. Mais lors même que l'on pourrait y parvenir, il faudrait que ce mouvement fût stable pendant toute la durée du mouvement de translation, sans quoi la moindre force ferait varier l'axe autour duquel il a lieu, et par suite la loi de déviations du projectile : or on démontre, en mécanique, que la stabilité de ce mouvement n'a lieu que lorsque l'axe de rotation est un des deux axes du corps qui répondent à son plus grand ou à son plus petit moment d'inertie : ce qui n'a lieu que dans des cas particuliers pour des projectiles de forme quelconque, mais ce qui a toujours lieu pour les projectiles sphériques et homogènes; et c'est, pour le dire en passant, une des causes de la plus grande régularité du mouvement des projectiles de cette forme lancés sous des angles variés.

Forme des projectiles la plus favorable au

mouvement dans l'air. — Ces déviations, dues au mouvement gyratoire, peuvent, ainsi que nous l'avons fait voir, être rendues presque insensibles pour les projectiles à peu près sphériques et homogènes dans le cas du tir horizontal, au moyen d'armes qui déterminent la rotation autour de l'axe tangent à la trajectoire à son origine; mais les déviations dues à cette cause ne pourraient-elles pas être diminuées dans les armes ordinaires par la forme du projectile?... On sait que la résistance de l'air varie avec la surface du corps en mouvement; si le mobile est tel qu'il éprouve peu de résistance dans l'air, les déviations dues à cette cause seront peu considérables : elles seraient nulles, si le projectile n'éprouvait aucune résistance, comme dans le cas du mouvement dans le vide. Ne serait-il pas possible, en conservant la même vitesse, d'atténuer la résistance de l'air de manière à rendre les déviations peu sensibles? Ici se présente la question de la forme de moindre résistance. On a cherché à la déterminer par le calcul, mais dans le cas seulement d'un mouvement rectiligne, et lorsque le projectile reste constamment parallèle à lui-même.

Résultats du calcul.— En partant de l'hypothèse admise pour la loi de la résistance de l'air, on a déterminé numériquement la valeur de la résistance éprouvée par des projectiles de diverses formes, tels que le plan, la sphère, la demi-sphère, l'ellipse, l'ogive, le cône, le cylindre, etc.

D'après Hutton, la forme de moindre résistance est un cône se mouvant le sommet en avant et dans lequel les arêtes font avec l'axe un angle de 25° 42'.

Suivant d'autres savants, c'est un corps allongé

dont la longueur est égale à cinq fois sa plus grande largeur, qui a lieu aux deux cinquièmes du grand diamètre, à partir de l'extrémité antérieure.

L'expérience ne confirme pas les résultats du calcul. — Borda et Hutton ont cherché à vérifier ces résultats du calcul par des expériences directes, le premier jusqu'à la vitesse de vingt pieds par seconde; le second jusqu'à celle de dix pieds seulement; mais presque aucun des résultats qu'ils ont obtenus ainsi n'est d'accord avec ceux du calcul, et pour quelques formes du mobile, la différence est énorme : ainsi, la résistance du cône, telle qu'elle résulte de l'expérience, est plus du double de celle qui a été calculée. La sphère n'a pas éprouvé beaucoup plus de résistance que le cône; elle devrait être triple d'après la théorie. D'après l'expérience, la demi-sphère se mouvant dans le sens de sa convexité éprouve un peu moins de résistance que la sphère entière; d'après le calcul, il n'y a pas de différence.

A la vérité, on n'a expérimenté qu'avec des vitesses bien inférieures à celles qui animent les projectiles de l'artillerie, et il serait possible que pour celles de 300 à 400 mètres par seconde, les rapports fussent très-différents; mais on n'en sait rien. Le fait est que l'on ignore encore, même pour le cas spécial dont nous nous occupons, quelle est la forme de moindre résistance : d'après le calcul et les expériences citées, ce n'est pas la sphère. D'après M. Poisson, la sphère un peu allongée présenterait quelque avantage.

La forme de moindre résistance n'a rien d'absolu. — Quoi qu'il en soit, remarquons que cette forme, qu'elle soit déterminée par le calcul ou par

l'expérience, ne conservera cette propriété d'offrir moins de résistance à l'air que dans le cas très-particulier du tir à peu près en ligne droite; lorsque la trajectoire parcourue par le projectile est sensiblement courbe, non-seulement cet avantage de la forme disparaît, mais il peut même devenir un obstacle à la vitesse du projectile et à la justesse du tir, en déterminant un second mouvement gyratoire.

Prenons un exemple pour nous faire mieux comprendre.

Supposons un projectile de forme très-allongée, une flèche, par exemple, et admettons qu'elle soit lancée par une force dont la direction passe par son centre de gravité et suivant sa longueur.

Elle n'aura pas de mouvement de rotation à l'origine, et se mouvra donc parallèlement à elle-même. Dans les premiers instants, la trajectoire se confondant assez sensiblement avec une ligne droite, la résistance de l'air aura lieu dans la direction de la flèche; mais peu à peu la courbe se prononce, et la flèche fait un angle de plus en plus grand avec la trajectoire décrite par son centre de gravité, c'est-à-dire, avec la direction de sa résistance; si le centre de figure se confond avec le centre de gravité, la flèche conservera l'inclinaison qu'elle avait à son départ, et par conséquent la pointe ne viendra pas frapper le but : si, pour obvier à cet inconvénient, on porte le centre de gravité du côté de la pointe, alors le mouvement de rotation aura lieu, et la pointe s'abaisserait même très-rapidement si l'on ne s'y opposait par la longueur du bois de la flèche, et par les ailes (le pennon), qui, placées à l'extrémité, résistent à l'aide

de l'air à ce mouvement et le retardent; mais en diminuant la vitesse de translation.

Un projectile de cette forme pourra donc bien frapper par sa pointe des objets peu éloignés, ou des objets éloignés s'il a une grande vitesse, en un mot lorsque la trajectoire qu'il décrit différera peu d'une ligne droite; mais il n'en sera plus ainsi lorsque la courbe sera très-prononcée.

Ainsi dans les expériences faites à Metz en 1832, des obus de forme elliptique sont arrivés au but dans tous les sens; il en a été de même pour les balles de fusil allongées proposées en 1828 et 1829 dont un grand nombre sont arrivées de travers, ainsi que pour la balle cylindro-sphérique proposée en 1841.

Il est donc démontré par la théorie, et vérifié par la pratique, qu'un projectile de forme quelconque, lors même qu'il n'aurait pas de mouvement de rotation à l'origine de son mouvement, en prendrait généralement un pendant sa translation dans l'air dont la résistance agissant constamment sur son centre de figure, presque toujours différent de son centre de gravité, déterminera autour d'axes instantanés passant par ce point, des mouvements gyratoires variables avec la position du projectile, et dont on ne peut connaître d'avance la loi nécessairement très-compliquée, ni par conséquent l'introduire dans les formules. Or ces mouvements gyratoires pourront produire des déviations, tantôt dans un sens, tantôt dans un autre, qu'il est impossible de prévoir. Le seul moyen de s'opposer à ces mouvements de rotation accidentels et aux déviations qui en sont la conséquence, est de donner au projectile, à l'origine de sa

trajectoire, un mouvement gyratoire autour de celui de ses axes principaux, qui est le plus favorable à la justesse et à la conservation du mouvement, et avec une intensité assez grande pour qu'il se conserve pendant toute la durée du trajet sous l'influence des forces perturbatrices, provenant de la résistance de l'air. Ce problème est parfaitement résolu par la carabine rayée en spirale; et l'expérience montre que, quelle que soit la distance à laquelle on recueille les balles lancées avec cette arme, elles ont toujours leur mouvement de rotation dans le même sens et autour du même axe qu'à leur sortie du canon.

Avantage de la forme sphérique pour le tir sous tous les angles. — En résumé, on voit que même en admettant que le projectile se mette en mouvement suivant la surface de moindre résistance, et sans mouvement initial de rotation, ce qui ne peut être qu'un cas particulier dans les armes de guerre ordinaires, on ne peut rien établir d'absolu, sur la meilleure forme à lui donner dans le but d'augmenter sa portée et sa justesse. Tel allongement de la balle présentera de l'avantage sous un certain angle de tir, et sera défavorable sous un autre angle, toutes choses restant les mêmes; tel projectile pourra avoir beaucoup de portée et de justesse dans le tir horizontal, et éprouvera des déviations énormes dans le tir sous de grands angles. Or, ce qu'il faut à l'artillerie, c'est un tir aussi régulier et aussi exact que possible à toutes les distances où les projectiles peuvent produire des effets utiles, et par conséquent sous tous les angles que permet la construction du matériel. Il faut donc, puisque la résistance de l'air agit tangen-

tiellement à la trajectoire dont la courbe peut être très-prononcée, que, quelle que soit la position du projectile, sa surface présente toujours la même résistance à l'air : or cela n'a lieu évidemment que pour la forme sphérique; aussi est-elle adoptée pour tous les gros projectiles de l'artillerie qui peuvent être tirés sous des angles et avec des vitesses très-variables.

La sphère offre, en outre, d'autres avantages incontestables; c'est le corps qui a le plus de volume sous la moindre surface; or, quelle que soit la loi réelle de la résistance de l'air, c'est évidemment une condition favorable au mouvement.

Les projectiles de cette forme sont faciles à fabriquer et à vérifier.

Ils peuvent entrer dans tous les sens dans la bouche à feu, et roulent au lieu de glisser; ce qui dégrade moins l'âme.

Ils ne peuvent s'arc-bouter dans le tir, comme cela a eu lieu à Metz en 1832, pour des obus allongés.

Ils se conservent plus facilement dans les arsenaux, se déforment moins par les chocs et dans les transports.

La forme sphérique offre, en outre, des avantages dans le tir, qui suffiraient seuls pour la faire adopter pour presque tous les gros projectiles; tout le monde sait quelle est l'importance du ricochet dans l'attaque des places et même dans la guerre de campagne; or il est évident que les projectiles sphériques sont les seuls dont les ricochets puissent être prévus, et même calculés avec une exactitude suffisante pour la pratique; aussi, malgré tant de propositions et d'essais

faits, on n'emploie dans toute l'Europe que des projectiles sphériques.

Quant aux petits projectiles lancés sous des angles peu élevés, comme la balle du fusil, la trajectoire étant généralement peu prononcée, l'avantage d'une forme antérieure de la balle favorable à sa pénétration dans l'air, peut compenser et au delà les inconvénients d'une forme allongée; surtout lorsque le mouvement gyratoire primitif de la balle maintient son sommet en avant, comme cela a lieu pour certaines armes. L'expérience seule peut résoudre cette question; mais rien n'indique que la forme sphérique, qui n'est pas celle de moindre résistance, soit la plus favorable à la portée et à la justesse, pour la balle du fusil.

Matière des projectiles. — La matière des projectiles, toutes choses égales d'ailleurs, a beaucoup d'influence sur leur mouvement. La résistance de l'air étant en raison inverse de leur poids, il est avantageux d'employer la matière la plus dense; mais il faut en même temps qu'elle ait une dureté qui soit en rapport avec celle de l'obstacle que le projectile doit frapper; sans quoi il se brise, ou il se déforme, si on lui donne toute la vitesse dont on peut disposer. Ce motif et des raisons d'économie ont fait adopter la fonte pour les gros projectiles de l'artillerie proprement dite, bien que sa densité ne soit que de 7,60, tandis que celle des balles en plomb est de 11,188; mais certaines balles de canon sont en fer, qui est plus dense que la fonte. Pour la balle du fusil, on a adopté le plomb; la considération de dépense a moins d'importance, et, ce métal étant assez compressible,

il dégrade moins les armes; mais cette dernière propriété devient un obstacle à l'enfoncement des balles, même dans un milieu très-peu résistant, lorsque leurs vitesses dépassent certaines limites. On a fait de très-curieuses expériences sur l'enfoncement dans l'eau des balles de fusil, de 19 à la livre; les résultats sont donnés par le tableau suivant :

Vitesse d'arrivée par seconde.	Pénétration.
300 mètres.	3 mètres.
350	3
400	1,60
450	1,35
500	0,75

On voit qu'à partir de 350 mètres l'enfoncement diminue avec l'augmentation de vitesse; et l'on a vérifié qu'à 350 mètres la balle s'aplatit un peu par son choc contre l'eau; avec la vitesse de 400 mètres, elle est aplatie; à 450 mètres elle est aplatie jusqu'au centre; avec la vitesse de 500 mètres elle est brisée.

L'air même, malgré sa faible densité, peut produire des effets analogues. Ainsi, il est prouvé que les balles de plomb avec une vitesse de 400 mètres sont très-sensiblement déformées par leur choc contre l'air (*Mémorial de l'artillerie*), et perdent toute justesse et une partie de leur force de pénétration.

Ainsi donc, quelle que soit la matière dont sont faits les projectiles, il y a une certaine vitesse qu'ils ne peuvent dépasser, si l'on veut leur conserver toute leur puissance d'enfoncement.

D'après les expériences de Metz, si la matière du projectile est très-dure, relativement au corps frappé, l'enfoncement croît avec la vitesse.

Vitesse des balles pour qu'elles soient dangereuses. Moyen de l'apprécier. — Pour les balles de plomb, ce qu'il y a principalement à considérer sous ce rapport, c'est la vitesse d'arrivée, ou, ce qui revient à peu près au même, dans le cas d'une charge constante, la distance à laquelle leur choc ne donne plus lieu à des blessures dangereuses. Par suite d'expériences comparatives, faites sur des animaux et sur des planches de sapin, on a conclu qu'une balle de fusil qui ne pénètre que de 8^{mm} dans une planche de sapin, ne ferait à un homme qu'une contusion. Avec un enfoncement de 16^{mm} elle ferait des blessures dangereuses. En général, on regarde qu'au delà de 450 mètres, la balle du fusil actuel ne ferait que rarement des blessures dangereuses aux hommes ou aux animaux. Cependant, ce principe est contesté; et il paraît que la balle du fusil peut faire des blessures dangereuses à une distance de plus de 600 mètres.

Balles faites par compression.—Quelques personnes avaient pensé qu'on augmenterait l'effet des balles de plomb, en les faisant par compression, ce qui leur donnerait une densité un peu plus forte que lorsqu'elles sont fabriquées par le coulage, à cause du petit vide qu'elles conservent généralement dans l'intérieur, par suite du refroidissement du métal liquide contre les parois du moule; mais l'expérience n'a pas confirmé cet avantage, presque insensible, du reste, d'après M. Poisson, entre des projectiles dont l'excentricité diffère nécessairement très-peu.

Ainsi donc, les projectiles coulés en fonte, ou en fer, pour les grosses bouches à feu, ou coulés en plomb, pour le fusil, sont ceux que la théorie et la

pratique, jointes aux motifs d'économie, indiquent comme les plus favorables dans toutes les circonstances du tir des bouches à feu.

Autres causes qui influent sur le mouvement des projectiles. — Il y a encore d'autres causes qui influent sur le mouvement des projectiles, et auxquelles on n'a pas eu égard dans la théorie.

Intensité de la pesanteur. — L'intensité de la pesanteur est regardée comme constante, et cependant on sait qu'elle varie avec la latitude, et même avec la hauteur au-dessus de la surface pour la même latitude.

Densité de l'air. Son état hygrométrique. Époques de la journée. — On suppose la densité de l'air connue et constante, et cependant elle varie avec l'élévation des couches, la température, etc. L'état hygrométrique de l'air a une influence très-sensible. Robins conclut de ses expériences qu'un air humide peut réduire les portées de près de 25 pour 100. Hutton signale aussi des différences dues à cette cause; d'après ses tableaux, il y aurait eu des diminutions de portées d'environ 8 pour 100; et, ce qu'il y a de bien singulier, l'époque de la journée a une influence très-sensible. Les portées du matin sont en général les plus fortes, et l'avantage sur celles du midi a été de plus de 10 pour 100. (Bélidor et expériences de 1802, 1806, etc.)

Influence du sol. — Dans le tir horizontal, près du sol, la nature de ce dernier peut occasionner des déviations considérables; l'obstacle que rencontre l'air à s'échapper de ce côté le force de réagir plus ou moins sur le projectile. D'après M. le colonel Piobert.

dans le tir sous l'angle de 3°, l'effet du sol est très-sensible; dans certains cas, le projectile peut être relevé jusqu'à 3 mètres ou rabaissé jusqu'à 2 mètres, comparativement à ce qui aurait lieu dans le tir ordinaire sur un sol uni : cet abaissement relatif des projectiles, en passant sur un terrain creux, avait été remarqué par les anciens artilleurs, qui disaient que la vallée attire le boulet.

Effet du vent. — Dans la loi de la résistance de l'air, on suppose ce fluide sans mouvement; or on sait qu'il est souvent agité par des vents qui peuvent lui donner des vitesses de 20 à 30 mètres par seconde, et même plus. Le vent agit sur les projectiles comme une force accélératrice analogue à la pesanteur, et qui doit nécessairement modifier leur mouvement, surtout lorsque ce sont de grosses sphères animées de faibles vitesses, comme les bombes qui peuvent rester plus de 30 secondes dans l'air. Lombard a prouvé que, dans le tir ordinaire, le vent peut faire dévier une bombe de 32 centimètres, de 15 à 16 mètres en dehors du plan de tir. D'après les expériences récentes faites à Charleville, le vent a fait dévier une balle de carabine à la distance de 300 mètres de $1^{m},22$ en moyenne : la déviation moyenne de la balle de fusil, à la même distance, a été de $1^{m},63$.

Influence du mouvement de la terre. — Enfin, quelque court que soit le temps pendant lequel le projectile reste dans l'air, la terre se meut et son mouvement peut avoir de l'influence sur la portée.

M. Poisson, dans un mémoire publié en 1839, a examiné cette question, et voici quels sont les principaux résultats de cet important travail.

La terre a, comme on sait, un double mouvement, un mouvement de translation autour du soleil, et un mouvement de rotation sur elle-même, que l'on appelle le mouvement diurne.

Le mouvement de translation n'a aucune influence sur le mouvement des corps près de la surface; mais il n'en est pas de même du mouvement diurne, qui détermine une double déviation des projectiles de l'artillerie : l'une dans le sens vertical, d'où résulte une variation dans les vitesses et les portées; l'autre dans le sens horizontal, d'où résultent des écarts à droite ou à gauche du but.

L'intensité de ces effets varie avec la latitude; ainsi, à l'équateur, lorsque le tir a lieu dans le plan de ce grand cercle, la déviation horizontale est nulle, et la variation dans la portée et dans la durée du trajet atteint son *maximum*.

Au pôle, la déviation horizontale est la même dans tous les plans de tir, et le double à peu près de celle qui a lieu dans notre région.

En tous lieux, le mouvement de la terre n'a aucune influence sur la portée et la durée du trajet quand la vitesse initiale est dirigée dans le plan du méridien.

La déviation horizontale la plus faible, en un lieu quelconque, a lieu lorsqu'on tire vers le nord : la plus forte a lieu lorsque la ligne de tir est dirigée vers le midi; mais quelle que soit sa direction, toujours les déviations ont lieu à droite du pointeur.

Dans le cas du tir horizontal, ou presque horizontal, ces effets sont peu sensibles; ainsi, dans le tir à la cible, à une distance de 200 mètres, et avec une

vitesse initiale de 400 mètres, les déviations totales d'une balle de fusil, dues au mouvement diurne, s'élèveraient à peine à un demi-centimètre, d'après le calcul; elles sont donc inutiles à considérer dans la pratique. L'effet n'est pas beaucoup plus sensible dans le tir à peu près horizontal du canon; mais il n'en est plus de même dans le tir sous les grands angles.

La déviation d'une bombe de 10 pouces, pesant 51 kilogrammes, et lancée sous l'angle de 45 degrés, serait d'environ 1 mètre à la distance de 1,200 mètres. Pour une bombe de 12 pouces, pesant 90 kilogrammes, et lancée sous le même angle sur un but situé à 4.000 mètres de distance, les limites de la déviation, en tirant de l'est à l'ouest, seraient à peu près 5 et 10 mètres : on devrait donc y avoir égard dans le pointage des mortiers sur des objets éloignés et de peu de surface, comme une tour, un vaisseau, etc., etc.

A la vérité, comme nous venons de le voir, ces dernières causes de déviations ne peuvent avoir qu'une bien faible influence sur le mouvement des petits projectiles animés de grandes vitesses, et lancés presque horizontalement, comme les balles de fusil, mais une théorie qui n'y a pas égard ne peut être considérée ni comme complète ni comme exacte.

La théorie ne peut donner des résultats exacts. —Quoi qu'il en soit, admettons pour vraie et complète la théorie analytique du mouvement des projectiles dans l'air, telle que nous l'avons exposée. Nous voyons que l'impossibilité d'intégrer les équations différentielles auxquelles on est parvenu ne permet pas d'espérer que jamais on puisse en déduire des résultats rigoureux et utiles pour la pratique;

mais lors même que ces équations pourraient être obtenues en termes finis, la question ne serait pas beaucoup plus avancée.

En effet, il entre dans les formules deux quantités qu'il faut connaître absolument : l'angle que le projectile fait avec l'horizon à son départ, et sa vitesse initiale.

Angle de départ; difficulté de le connaître. — Quant à l'angle de départ, il semble, au premier aperçu, que les projectiles étant des sphères lancées dans des tubes cylindriques. leur direction primitive est l'axe du canon, et qu'il suffit, ce qui est très-facile, de connaître quelle est l'inclinaison de cet axe relativement à l'horizon; mais il n'en est pas ainsi.

Des motifs pratiques ont forcé à donner en général aux projectiles un diamètre plus faible que celui du canon. La différence entre ces deux diamètres est *le vent du projectile;* il s'ensuit que la pression des gaz s'exerce, non-seulement en arrière du projectile, mais encore sur la partie de sa surface qui ne touche pas au canon, et cela est bien prouvé par ce qu'on appelle le logement du boulet dans les canons. D'après cela, la force motrice est généralement inclinée sur l'axe du canon, d'où résultent des chocs du projectile contre les parois (des battements), et une direction, en sortant, qui n'est pas ordinairement celle de l'axe.

Presque aucun projectile ne sort suivant l'axe de la bouche à feu. — Des expériences sur ce point ont eu lieu à l'école d'Auxonne (Lombard) pour le tir des canons; elles ont prouvé que presque aucun boulet ne sort dans la direction de l'axe; les déviations

ont eu lieu dans tous les sens et avec toutes les charges, et l'angle fait avec l'axe a été jusqu'à 18′ 52″. On peut juger quelles modifications cela apporte aux directions et aux portées calculées, surtout lorsqu'on tire sous de petits angles. Quant aux armes dans lesquelles le projectile est forcé, il n'y a plus de battements possibles, et il semble que la balle doit suivre d'abord la direction de l'axe; mais il n'en est pas ainsi : soit qu'il y ait de la difficulté à fabriquer un canon parfaitement droit, soit que les gaz de la poudre agissent encore sur la balle lorsqu'elle est hors de l'âme, opinion exprimée par Robins, Euler, Lombard, Poisson, et autres, comme pouvant expliquer assez bien certaines déviations des boulets qui ont lieu lorsqu'on tire sous de petits angles près de la surface de la mer ou d'une rivière, et lorsque la bouche à feu est tout près d'un mur, ou du fond, ou d'une joue d'embrasure, faits que M. Piobert explique d'une autre manière, soit enfin que le canon de l'arme puisse prendre, dans certaines circonstances, un mouvement vibratoire pendant l'inflammation de la poudre, opinion développée par M. de Pontcharra (*Mémorial d'artillerie*), toujours est-il certain, d'après de récentes expériences sur le tir des carabines à balles forcées, que presque aucune balle ne sort exactement suivant l'axe, et les déviations ont lieu en tous sens, et sont sensibles, même à une distance de 2 mètres de la bouche du canon.

Cette hypothèse de mouvements vibratoires du canon dus à l'élasticité des fibres du fer, paraît du reste d'autant plus probable qu'elle donne l'explication de ce fait, qui paraît d'abord fort extraordinaire,

que l'on peut obtenir plus de justesse dans le tir à l'épaule, où le recul a une certaine liberté, que lorsque le fusil est fixé sur un appareil de manière à ne pouvoir prendre aucun mouvement, car dans ce dernier cas il y a augmentation de réaction des gaz contre les parties latérales du canon, et l'on sait qu'un recul parfaitement libre n'a aucune influence sur la justesse du tir.

Ainsi donc, dans aucun cas, l'angle de départ ne peut être connu *à priori,* et voilà une donnée indispensable des formules que la pratique ne peut fournir rigoureusement.

Vitesse initiale, difficulté de la mesurer.—Relativement à la vitesse initiale, c'est-à-dire à la vitesse qu'a le projectile au moment où il sort de la bouche à feu, sa détermination présente de bien plus grandes difficultés.

D'abord il est évident que dans la pratique on ne peut songer à la déterminer par l'expérience pour chaque projectile, pour chaque charge et pour chaque poudre : on est obligé d'admettre à cet égard certains principes que nous discuterons plus tard.

Mais voyons comment une bouche à feu, une charge et un projectile étant donnés, on peut déterminer la vitesse initiale.

Calcul de la vitesse initiale en faisant une supposition sur l'inflammation de la poudre. — Les principaux auteurs ont supposé que toute la poudre est enflammée et réduite en gaz, avant que le projectile ait commencé à se mouvoir dans l'âme de la bouche à feu; partant de là, quelques-uns, comme Robins, d'après des considérations très-fausses sur

la nature de la poudre, inconnue alors; et d'autres, tels que Proust, etc., d'après des notions plus exactes sur sa véritable composition chimique, ont cherché à déterminer la quantité de produits gazeux qui résultent de son inflammation; et l'on a tenté d'en déduire, par le calcul, la vitesse du projectile à sa sortie de l'âme.

Or, en admettant que l'on puisse connaître effectivement la quantité et la nature des produits gazeux formés ainsi *instantanément,* on ne conçoit pas comment on connaîtra leur température; température nécessairement variable avec les quantités de poudre, la forme de la charge, l'arme employée, etc., ni par conséquent leur force élastique; car conclure, comme on l'a fait, le degré de chaleur des produits gazeux au moment de l'explosion de leur action sur divers corps plus ou moins fusibles, tels que le plomb, l'étain, le métal des sous marqués, etc., est une erreur; la combustion de la poudre ayant lieu dans un temps trop court pour communiquer tout son calorique aux corps mis en contact avec elle. On ne peut obtenir ainsi qu'une limite inférieure de la température développée. On sera donc obligé de faire à cet égard une hypothèse; mais sur quoi sera-t-elle basée?... Lors même que la supposition serait conforme à la vérité, les difficultés de la question ne seraient pas moindres. D'abord, quant à la force élastique des gaz, elle diminue évidemment à mesure que le projectile s'avance vers la bouche. « Il faut donc « (M. Poisson, rapport au comité 1830) déterminer « d'abord la loi d'élasticité des gaz de la poudre, la « température étant constante; puis avoir égard

« ensuite à la diminution due à la perte de chaleur que « produit le contact du gaz incandescent contre un « métal dont le pouvoir réfrigérant serait connu; « avoir égard à la perte de gaz due à la lumière et au « vent du projectile, en se basant sur les lois d'écou- « lement des fluides par les très-petits orifices; exa- « miner l'effet de la résistance opposée au boulet par « la colonne d'air qu'il pousse devant lui, effet évi- « demment différent de la résistance éprouvée dans « l'air libre, et qui doit dépendre de la vitesse du « projectile, de la longueur d'âme qui lui reste à cha- « que instant à parcourir; enfin avoir égard au frotte- « ment dans la bouche à feu. »

Cet exposé suffit pour faire comprendre toute la difficulté de la question; même dans l'hypothèse de l'inflammation instantanée de la poudre.

Mais on ne peut admettre cette supposition, démentie par l'expérience, et sans entrer maintenant dans d'autres détails à cet égard, il est évident que si la poudre s'enflammait instantanément, les portées devraient augmenter avec les charges, ce qui n'a lieu que jusqu'à une certaine limite. (Hutton, Lombard, etc., etc.) « Aussi, dit M. Poisson (mémoire « cité), il paraît prouvé que la combustion de la pou- « dre continue pendant le trajet du projectile, et que « la quantité de fluide élastique formée à chaque in- « stant augmente graduellement suivant une loi qui « nous est inconnue; il en résulte que la loi de la « force motrice, ou de la pression exercée par ce « fluide sur le boulet et sur le canon, nous est tout à « fait inconnue; car cette force variable dépend en « même temps de la masse du fluide, du volume qu'il

« occupe et de la température ; c'est là ce qui consti-
« tue la plus grande difficulté du problème, et ce qui
« empêche de le résoudre sans faire une supposition
« gratuite sur l'accroissement successif de la quantité
« de gaz formé à chaque instant, et sur la tempéra-
« ture due à cette combustion prolongée.

On ne peut espérer de trouver les vitesses initiales par le calcul. — « Aussi, la question de la vi-
« tesse initiale des projectiles présente des difficultés
« peut-être insurmontables ; et il est bien difficile
« d'en espérer une solution complète déduite des
« principes de la physique et de la mécanique. »

Il est inutile de faire observer que les formules de vitesses initiales données par les divers auteurs, et calculées *à priori*, ne s'accordent pas ; et, ainsi que le remarque Lombard, il ne saurait y en avoir d'assez générales pour satisfaire à tous les cas.

Un second moyen a été employé pour trouver les vitesses initiales : c'est de les déduire des portées.

Vitesses initiales déduites des portées. — Il paraît évident, toutes choses égales d'ailleurs, que plus la vitesse initiale sera grande, plus la portée sera considérable. La mesure de cette portée présente bien quelques difficultés, dont la plus grande est de trouver un terrain parfaitement horizontal dans toute l'étendue du champ de tir ; mais Hutton y a obvié en tirant dans la direction d'une rivière qui faisait un coude, et en faisant relever les points de chute par des observateurs placés sur les deux rives.

On a cherché à établir mathématiquement cette relation entre la portée et la vitesse initiale, en partant, pour rendre la formule applicable, de suppositions

tout à fait inadmissibles ; et c'est de cette manière que Lombard a calculé les vitesses initiales de presque tous les projectiles de l'artillerie, en modifiant arbitrairement ceux des résultats de ses calculs qui étaient trop opposés à la réalité des faits ; mais malgré ces corrections, la plupart de ses résultats sont de la plus évidente inexactitude. Ainsi, il résulte de ses tables, que les portées augmenteraient dans un rapport plus grand que les vitesses initiales ; or il est démontré par les expériences de Hutton, qu'entre certaines limites, sous le même angle de projection, pour une même bouche à feu, les portées augmentent dans un rapport beaucoup moindre que les vitesses initiales.

On ne peut pas déduire les vitesses initiales des portées. — D'autres auteurs, après avoir mesuré les portées, et déterminé par un autre procédé les vitesses initiales, ont cherché à établir la loi générale de relation entre les vitesses et les portées : c'est ainsi que Hutton a établi comme principe que les portées du même projectile, lancé sous le même angle, sont entre elles comme les racines carrées des vitesses ; mais cette relation, qui a bien lieu à peu près pour quelques cas particuliers, est loi d'être générale : elle est continuellement démentie par l'expérience. Ainsi, dans les épreuves de La Fère, en 1740, de petites charges ou des charges très-fortes, des pièces longues ou des pièces courtes tirées avec la même poudre et la même charge, ont donné les mêmes portées ; et, pour n'en citer qu'un exemple, une pièce de 24 tirée sous l'angle de 45° avec les charges de 9#, 13# et 22# a donné la même portée de 2,500 toises, et cependant évidemment les vitesses initiales n'étaient pas les mêmes ; mais

l'on voit ici l'effet des causes perturbatrices que nous avons signalées. La pratique est donc d'accord avec la théorie pour prouver que l'on ne peut pas déterminer les vitesses initiales au moyen des portées.

Moyens directs de calculer les vitesses initiales. — Enfin on a cherché à trouver directement, et par l'expérience, cette vitesse initiale ; et voici le procédé dû d'abord à Robins, approuvé par Euler, puis perfectionné par Hutton, et qui a été récemment adopté par la direction des poudres.

Pendule balistique. — On emploie un bloc suspendu à une tige, de manière qu'il puisse osciller comme un pendule. A une petite distance on place l'arme chargée, et le projectile venant frapper le bloc, s'y enfonce, et détermine des oscillations dont on a le moyen de mesurer le nombre et l'amplitude. Le recul du pendule dépend évidemment de la masse et de la vitesse du corps choquant. La mécanique donne les moyens de déterminer cette vitesse en fonction des diverses données de la machine ; et lorsque la bouche du canon est à peu de distance du pendule, 5 à 6 mètres par exemple, il est évident que la vitesse déduite du calcul est à très-peu près la vitesse initiale du projectile.

Le même principe est encore appliqué d'une autre manière.

Canon pendule. — La force élastique qui chasse le projectile agit avec la même intensité sur l'arme qui le contient, et détermine un recul qui, pour la même charge, est en raison inverse du poids des armes, et qui, pour la même arme, sera d'autant plus grand que la force des gaz sera plus considérable : en sus-

pendant donc le canon de manière à en faire un pendule, on pourra mesurer son recul et en déduire la vitesse de la balle par des formules connues.

Les vitesses calculées par le choc et par le recul ne sont pas les mêmes. — Des expériences très-nombreuses et très-curieuses ont été faites par ce moyen, en 1775, par Hutton; malheureusement il n'a employé que des canons du calibre d'une livre, et l'application qu'il a faite des résultats de ses expériences aux armes d'un autre calibre, non-seulement ne peut être admise *à priori,* mais est démentie par les faits; et ce qu'il y a de bien remarquable, c'est que les vitesses qu'il a trouvées par le choc de la balle dans le pendule et par le recul du canon ne s'accordent presque jamais, et les différences vont jusqu'à près de 400 pieds pour des vitesses de 2,000. D'où provient cette différence? et quelle est la véritable vitesse initiale? Hutton rejette celle qui est déduite du recul de l'arme; mais celle qui provient du pendule ne serait pas encore exacte. Il y a la distance de la bouche à feu au pendule, et la vitesse d'enfoncement de la balle dans le bloc, auxquelles on n'a égard qu'approximativement. Dans les expériences d'Esquerdes, en 1831, faites avec le canon pendule de 12, on a trouvé que les reculs augmentent bien avec les vitesses, mais sans pouvoir déterminer la loi de leurs rapports qui varie avec les différentes espèces de poudres, et paraît d'autant plus faible que la poudre est plus forte.

Ces expériences, et toutes celles de ce genre qui ont eu lieu, n'ont presque jamais donné les mêmes vitesses en employant les mêmes poudres et de la même manière; et les différences ont été de plus de dix pour cent.

Machine de rotation; elle ne peut donner la véritable vitesse initiale. — On a encore employé un autre procédé, principalement pour les petits projectiles : il consiste en deux disques en carton, montés sur un axe de 5 à 6 mètres : ces disques sont rayonnés, et les rayons se correspondent; on place l'axe horizontalement, et on lui donne une vitesse de rotation considérable que l'on sait mesurer. Une balle étant lancée horizontalement, parallèlement à l'axe, de manière à traverser les deux disques, ne touchera pas les mêmes rayons, et la distance entre ceux qu'elle aura frappés, combinée avec la vitesse de la machine, permettra de calculer la vitesse de la balle entre les deux disques.

Ce procédé ne donne pas non plus la véritable vitesse initiale; ensuite il suppose le mouvement des disques uniforme, ce qu'il est difficile d'admettre, et c'est l'avis de M. Poisson. Le mouvement de rotation devrait être d'une énorme rapidité, puisque, dans cette partie de leur trajectoire, les projectiles parcourent un mètre au moins en un trois-centième de seconde.

Emploi des courants électriques. — Enfin, on a eu l'idée d'employer les courants électriques, dont on a fait une application si heureuse à la télégraphie, pour mesurer le temps qu'un projectile met à parcourir un petit intervalle; ce qui conduirait à la détermination des vitesses initiales.

M. Breguet a lu cette année une note à ce sujet à l'académie des sciences, et il donne la description de l'appareil qu'il a construit dans ce but, conjointement avec M. Konstantinoff, officier d'artillerie russe. Nous

n'entrerons pas dans les détails, fort difficiles à saisir dans une simple analyse, de cette machine compliquée : il suffit de dire en quoi elle consiste principalement.

C'est un cylindre divisé en un grand nombre de parties égales, et qui peut prendre un mouvement de rotation uniforme et très-rapide autour de son axe. Deux cibles sont disposées au-dessus de ce cylindre, et leur surface est parcourue par des fils métalliques qui sont en communication avec un électro-aimant, d'où dépend un style dont la pointe est verticalement au-dessus de la même arête du cylindre; le courant circulant dans une cible et passant en même temps autour de l'électro-aimant du style, maintient celui-ci, par l'aimantation, éloigné du cylindre. Au moment où le projectile coupe le fil qui tapisse la cible comme un réseau, le courant est interrompu, et le style tombe en faisant une marque sur le cylindre : cela a lieu de la même manière pour la seconde cible; de sorte que le cylindre ayant une très-grande vitesse connue, la différence entre les deux marques donnera le temps que le projectile a mis à parcourir l'intervalle entre les deux cibles. On donne les moyens d'assurer autant que possible la régularité du mouvement du cylindre, et de mesurer le temps de la chute des styles. Cette machine, envoyée en Russie, ne peut être considérée que comme un essai, et nous n'en parlons que pour mémoire. On a voulu appliquer le même principe à la mesure de la vitesse d'inflammation de la poudre, et on a donné le moyen de calculer, d'une manière analogue, le temps qui s'écoule entre le moment où le chien d'un pistolet fait déto-

ner la capsule et celui où la balle arrive à une certaine distance du canon ; mais on n'obtient évidemment de cette manière, ni la vitesse initiale du projectile, ni la vitesse d'inflammation de la poudre qui, ainsi que nous le ferons voir plus loin, n'a rien d'absolu.

On ne peut déterminer rigoureusement la vitesse initiale.—Ainsi donc, ces moyens directs ne donnent pas, même pour les armes particulières mises en essai, la véritable valeur de la vitesse initiale. Le problème qui consiste à indiquer *à priori* la vitesse initiale que prendra un projectile donné, lancé par une charge de poudre donnée, dans une bouche à feu déterminée, est encore à résoudre, et par conséquent, lors même que l'on parviendrait à intégrer les équations générales du mouvement dans l'air, lors même qu'on y introduirait les diverses causes de perturbation que nous avons indiquées, on n'aurait aucun moyen de déterminer *à priori* quel sera l'angle de départ, et quelles seront la vitesse initiale et les lois du mouvement de rotation. Et remarquons ici que dans toute cette théorie on n'a considéré que des projectiles de forme à peu près sphérique. Jusqu'à présent la science ne nous apprend rien d'applicable sur les lois du mouvement dans l'air des projectiles d'une forme différente, qui peuvent cependant présenter des avantages dans certaines circonstances.

Les tables de tir déduites de la théorie sont nécessairement inexactes. — Ainsi donc, il n'est pas possible d'attendre des sciences physico-mathématiques la solution des problèmes généraux de la balistique, de manière à en déduire des résultats

rigoureusement applicables au tir des armes à feu; et toutes tables de tir déduites uniquement de la théorie, sont nécessairement inexactes, et ne peuvent donner que des approximations.

C'est l'opinion unanime de tous les officiers d'artillerie; et je ne puis mieux terminer ce chapitre qu'en citant quelques phrases de l'excellent mémoire adressé au comité d'artillerie par M. le chef d'escadron Chiniac, dont une partie a été insérée dans le cinquième numéro du *Mémorial*, sur une méthode nouvelle proposée par cet officier pour calculer les hausses, et qui sont la confirmation complète de mes opinions.

« C'est à ces motifs sans doute, dit-il, qu'il faut « attribuer le discrédit où sont tombées les tables « de tir (théoriques et même pratiques); discrédit « tel, que bien peu d'officiers s'astreignent à se char- « ger d'un fatras volumineux et embarrassant, ou « d'un tableau sans application réelle ou immédiate. « Sans doute les personnes qui pensent qu'un bon « pointeur, muni de bonnes tables de tir, ne peut « manquer d'atteindre le but, doivent juger bien « sévèrement toutes celles qui ont été mises en usage « jusqu'à ce jour; car elles sont loin de procurer un « pareil résultat... Les artilleurs savent même fort « bien qu'il serait plus exact de dire qu'on n'attein- « drait presque jamais le but, si l'on se conformait « strictement aux données des tables. »

Degré d'utilité des tables de tir. — Je ne prétends pas du reste conclure de tout ce qui précède, qu'il faut renoncer aux tables de tir; j'ai voulu seulement établir le degré de confiance qu'elles doivent

inspirer ; mais je reconnais que celles qui sont claires et simples, comme celles de l'Aide-mémoire de l'artillerie et de M. le chef d'escadron Chiniac, ont une véritable utilité, principalement pour les grosses bouches à feu, en fixant, pour le tir, des points de départ que l'on n'obtiendrait sans cela que par des tâtonnements longs et dangereux en présence de l'ennemi ; mais on ne doit en attendre que des points de repère, et c'est l'expérience seule qui donnera pour chaque bouche à feu, en particulier, la hausse ou la charge nécessaires pour obtenir l'effet que l'on se propose.

CHAPITRE II.

THÉORIE PRATIQUE.

Nous croyons avoir démontré, dans le chapitre précédent, qu'on ne peut espérer, dans l'état actuel de la science, de parvenir à déterminer rigoureusement l'équation de la courbe décrite par les projectiles de l'artillerie, d'où résulte l'impossibilité d'établir pour les diverses bouches à feu des tables de tir un peu exactes, et de résoudre par conséquent cette question fondamentale : Un but étant donné, quelle charge devra-t-on employer dans une bouche à feu, ou sous quel angle devra-t-elle être pointée, pour que le projectile frappe avec une vitesse et sous un angle déterminés? Mais, à défaut de théories générales et complètes, voyons si la pratique ne nous fournirait pas ses règles, expliquées ou non par la science, qui puissent guider dans le tir des diverses bouches à feu; et, bien que les portées soient loin d'avoir l'importance exclusive qu'on est trop souvent disposé à leur accorder, puisque généralement c'est de l'angle et de la vitesse d'arrivée que dépendent les

effets que l'on veut obtenir, examinons d'abord cette question, plus simple que la question générale du tir, dans le cas des projectiles sphériques, comme sont ceux de l'artillerie.

Relations entre les vitesses initiales, les angles et les portées. — Il est évident qu'il y a une relation entre les vitesses initiales, les angles de tir, et l'amplitude de la trajectoire : mais quelle est cette relation? Ce problème a nécessairement dû préoccuper les praticiens, dès l'origine de l'artillerie; et à une époque où la science n'était pas assez avancée pour que l'on pût tenter même d'en chercher la solution par l'analyse et les considérations physiques et chimiques, on a demandé à l'expérience des règles empiriques pour diriger la pratique.

Premiers travaux. Tables de tir.—Les premiers travaux dans ce genre paraissent avoir eu pour but le tir du mortier.

On avait reconnu que, toutes choses égales d'ailleurs, les portées des bombes augmentaient avec le degré d'élévation du mortier jusqu'à une certaine limite cependant : et au commencement du XVIII[e] siècle, on employait, pour le tir de cette bouche à feu, des tables basées sur ce principe, que les portées augmentent de quantités égales pour chaque degré d'élévation du mortier, la charge restant constante.

Tables de Bélidor pour le tir du mortier. Elles sont inexactes. — Bélidor, qui écrivait en 1731 (le Bombardier français), démontra facilement l'inexactitude de cette loi, constamment démentie par l'expérience; et il publia des tables de tir basées sur une

échelle d'augmentation des portées, variable avec chaque degré d'élévation du mortier, jusqu'à une certaine limite (45°), passé laquelle il reconnut que les portées diminuaient au lieu d'augmenter : du reste, son échelle d'augmentation n'était ni discutée, ni appuyée d'expériences raisonnées, et naturellement ses tables ne furent pas plus confirmées par la pratique que celles qu'il critiquait avec tant de raison ; ainsi, pour donner un exemple de sa méthode, de quelques expériences il concluait que la portée d'un mortier pointé à 15° est juste la moitié de sa portée, lorsqu'il est tiré sous l'angle de 45°, et par suite de ce principe, vrai pour le tir dans le vide, il se contentait, dans les épreuves, de faire tirer sous l'angle de 15°, pour en conclure les portées sous l'angle *maximum*. C'est la théorie parabolique.

Première théorie de la poudre. — Bélidor paraît être le premier qui ait tenté de donner une théorie de la poudre, théorie fausse, et que l'on ne pourrait même essayer de discuter à présent, mais qui fut un progrès pour l'époque ; alors elle fut regardée comme la vraie théorie, et reçut l'approbation des académies royales de Prusse, d'Angleterre, etc., etc.; il établit, contrairement à l'opinion des savants de cette époque, que l'inflammation de la poudre n'est pas instantanée : vérité démontrée depuis par de nombreuses expériences.

Théorie de Robins. — En 1742, Robins publia les *Nouveaux principes d'artillerie*, ouvrage capital, commenté par Euler, et annoté depuis par Lombard.

Erreurs sur l'estimation de la force de la poudre. — Robins n'eut pas de peine à prouver l'inexac-

titude des théories de Bélidor et des autres savants qui l'avaient précédé, et il chercha, mais sans plus de succès, à donner une théorie qui expliquât les faits, et qui fût confirmée dans la pratique. Tout en reconnaissant que l'inflammation de la poudre n'est pas instantanée, il admit cependant que toute la masse de poudre est comburée avant que le projectile, à cause de son inertie, ait pris du mouvement; et il établit, en principe, que l'action des gaz de la poudre cesse au moment où le projectile sort de l'âme. Quant à l'intensité de la force motrice, il admit que les gaz de la poudre ont une force élastique mille fois plus grande que celle de l'air; il reconnut bien, du reste, que cette force dépend de la température, et cependant, il n'y eut pas égard dans ses calculs; il supposa seulement qu'elle ne surpassait jamais la température du fer rouge. Lombard, dans ses notes, estime la force élastique des gaz de la poudre beaucoup plus haut que Robins; il suppose qu'elle est dix mille fois plus forte que celle de l'air.

Résultats théoriques. — De ses principes Robins conclut : que deux boulets de même volume, mais de densités différentes, sont lancés par une même charge de poudre, avec des vitesses qui sont en raison inverse des racines carrées de leurs poids; quant aux charges, en partant des mêmes données, Robins établit que, pour un même projectile et une même bouche à feu, les vitesses initiales sont comme les racines carrées des charges.

Résultats d'expériences faites par Hutton. Force de la poudre. Éprouvette. Hypothèse de Lombard.—La loi des vitesses initiales, ainsi déter-

minée en fonction des charges et des poids des projectiles, il s'agissait d'y rattacher les portées : il est clair que, toutes choses égales d'ailleurs, il y a une relation entre les portées et les vitesses initiales, et que, pour le même angle de tir, les portées augmentent en même temps que la vitesse du projectile à son départ : Lombard établit cette relation au moyen de formules algébriques ; mais Hutton (1778), qui avait si bien apprécié, dans l'examen des faits, tout le vague et toute l'inexactitude des théories scientifiques, chercha à conclure une loi générale des expériences qu'il avait faites sur de petits canons : il établit, en principe, que les portées du même projectile, lancé sous le même angle, sont comme les racines carrées des vitesses initiales ; mais ces rapports des vitesses initiales aux charges ne pouvaient être admis comme exacts, qu'en supposant l'identité des effets de la poudre : or, l'expérience ayant prouvé depuis longtemps que les diverses poudres développent par leur combustion des forces bien différentes suivant leur composition, les manipulations auxquelles elles ont été soumises, etc., etc., on sentit la nécessité de connaître d'avance le degré de force de la poudre que l'on emploicrait. On pensait alors que la poudre la plus forte dans une arme était aussi la plus forte dans toute autre bouche à feu, et on jugea qu'il suffirait d'apprécier comparativement les forces des diverses poudres dans une bouche à feu où les circonstances du tir pussent être rendues aussi identiques que possible à chaque coup d'épreuve, pour connaître le rapport de leurs forces absolues : on adopta, dans ce but, le mortier éprouvette, coulé sur semelle,

sous l'angle de 45°, et lançant un globe de cuivre de 7 1/2 pouces de diamètre, avec une charge de 3 onces, et on prescrivit diverses dispositions pour que le tir eût toujours lieu dans les mêmes circonstances. or, Lombard établit, d'après des formules calculées *pour le mouvement dans le vide* (1796, *Mouvement des projectiles*), que les vitesses initiales du globe, lancé avec les mêmes quantités de poudres différentes, sont comme les racines carrées des portées obtenues, toujours faciles à mesurer; or, d'après lui, les forces absolues des poudres sont comme les vitesses initiales du globe; ainsi donc, au moyen d'épreuves très-faciles à faire, on connaîtrait les rapports entre les forces des diverses poudres dont on se servirait.

D'après cette théorie, rien de plus facile, au moyen de quelques expériences préliminaires, que de déterminer les portées des diverses bouches à feu.

Supposons une pièce de 24, qui, pointée de but en blanc avec 8# d'une poudre qui a donné au globe de l'éprouvette une portée de 240 mètres, aurait donné à son boulet une portée de 600 mètres; on déterminera facilement la charge de la même poudre, qui lui donnerait une portée de 700 mètres; et, si l'on n'emploie pas la même poudre, comme chaque baril porte l'indication de la portée à l'éprouvette, on déterminera aisément la quantité de la nouvelle poudre nécessaire pour donner au projectile la même portée.

Lombard va encore plus loin : il établit en principe que pour des boulets de poids différents, *et même de calibres différents*, les vitesses initiales dues à une même charge de la même poudre, sont en raison

inverse des racines carrées des poids des projectiles.

Examen des principes admis. — Examinons maintenant cette théorie basée en partie sur des expériences spéciales, et en partie sur des formules de mécanique ; et voyons d'abord si les résultats sont confirmés par la pratique.

Les portées n'augmentent pas constamment avec les charges. D'abord il était évident, même pour les anciens artilleurs, que les principes admis pour les charges ne pouvaient être vrais d'une manière absolue. L'expérience avait montré que les portées n'augmentaient avec les charges que jusqu'à une certaine limite de charge, variable pour chaque bouche à feu. On savait qu'une charge assez forte pour remplir le canon d'un fusil ne donnait à la balle qu'une très-faible vitesse, et qu'elle était projetée avec une grande quantité de poudre *non brûlée* à quelques pas seulement de la bouche du canon. Il était donc démontré :

1° Que l'inflammation de la poudre n'est pas instantanée ;

Charge de vitesse maximum. — 2° Que pour chaque bouche à feu, toutes choses égales d'ailleurs, il y a une certaine charge de poudre qui donne au projectile la vitesse *maximum ;* mais quelle est cette charge? C'est ce que l'on a cherché à déterminer par l'expérience.

Elle varie avec la longueur du canon. La longueur du canon favorable à la portée. Rapport entre la portée et la longueur du canon. — Hutton, dans les expériences faites avec un canon d'une livre, réduit successivement de 40 à 15 calibres de

longueur, a trouvé que les charges d'effet *maximum* croissent constamment avec la longueur de l'arme, et que, pour une même charge, la vitesse initiale augmente toujours avec la longueur du canon : il en conclut qu'il y a un rapport entre la longueur de la charge *maximum* et celle du canon; et il fixe ce rapport à 30/100 pour les armes ayant 15 calibres de longueur, et à 15/100 pour les canons de 40 calibres; principes qui, appliqués à notre canon de 24, donneraient une charge ayant 29 pouces de longueur, et qui pèserait plus que le boulet : la loi qu'il déduit de ses expériences est que les portées sont dans le rapport des racines cinquièmes des longueurs d'armes.

Preuves que la longueur du canon favorise la portée. — Robins cite l'exemple d'une couleuvrine ayant 60 calibres de longueur, et dont le boulet s'enfonça deux fois plus en terre que lorsqu'elle fut réduite à 20 calibres.

D'Arcy, dans des expériences faites sur des canons de fusil ayant jusqu'ici 152 calibres de longueur, a trouvé que même avec des charges à peine suffisantes pour couvrir la culasse, l'avantage des portées, à charges égales, était toujours pour les armes les plus longues.

En 1765, à l'époque de l'établissement de l'artillerie de Gribeauval, cette propriété des longues armes fut un des principaux arguments contre son système. Saint-Auban insista surtout sur ce que en diminuant les longueurs des canons adoptées en 1732, les portées seraient plus faibles, et cela fut confirmé par de nombreuses expériences.

Dans les essais faits en l'an XI, où l'on s'est arrêté

à 20 calibres de longueur, l'avantage de portée a toujours été pour les canons les plus longs : il en a été de même dans les expériences faites en Hanovre et en Angleterre en 1815.

Commission de Metz. Loi des charges de plus grande vitesse. — Dans les expériences faites récemment à Metz, par la commission des principes du tir, au moyen du pendule balistique employé avec les diverses bouches à feu de l'artillerie, on a vérifié qu'effectivement, pour chaque arme et avec la même poudre, il y a une certaine charge qui donne au projectile la vitesse *maximum ;* charge qui, pour les armes longues, paraît être de une fois et demie à une fois et deux tiers le poids du projectile, et pour les armes courtes, comme les canons de campagne, n'est que la moitié de ce poids; charges *maximum* que la construction du matériel ne permet pas du reste d'employer ordinairement.

Avantages des longues armes. — Les mêmes expériences ont également démontré l'avantage des armes les plus longues pour les vitesses initiales. Ainsi, à charges égales, le canon de 12 de place, qui a 24 calibres de longueur, a constamment donné des vitesses initiales plus grandes que le canon de 12 de campagne qui n'a que 17 calibres; et cet avantage a été jusqu'à près de dix pour cent; dans les canons de 8 de siége et de 8 de campagne, dont les longueurs respectives sont de 25 et de 17 calibres, l'avantage de vitesses initiales a toujours été pour les canons les plus longs, sauf pour une très-petite charge de 1/48 de poids du boulet.

Avantage d'augmenter la longueur du canon

de fusil. — Quant au fusil, les expériences faites à Metz en 1817 et en 1818 prouvent que la portée augmente avec la longueur des canons soumis aux épreuves (de $0^m,76$ à $1^m,14$) et qu'il y aurait de l'avantage sous ce rapport à augmenter la longueur actuelle du canon du fusil ($1^m,082$).

On ne doit pas perdre de vue que dans tout ce qui précède il n'est question que d'armes dans lesquelles le projectile peut se mouvoir librement : les conditions du tir ne sont plus les mêmes dans les armes à balles forcées.

Influence du vent du projectile et de la lumière. — Les anciens artilleurs avaient remarqué qu'un autre élément a aussi une très-grande influence sur les vitesses initiales, et par conséquent sur les portées; c'est le vent du projectile et le diamètre de la lumière.

Formule d'Euler. — Euler, en faisant une hypothèse sur l'inflammation de la poudre, a donné une formule qui permet de calculer la perte de vitesse du projectile qui est due à ces deux causes réunies, mais seulement dans certains cas particuliers.

Calculs de Lombard. — Lombard, faisant l'application de ces formules, a calculé pour tous les projectiles les pertes de vitesses dues au vent du boulet, depuis zéro jusqu'à l'évasement de la pièce qui la fait mettre hors de service.

Résultats des expériences de Hutton. — Hutton a fait des expériences directes sur ce point, et il en conclut que pour les petits canons qu'il a employés, l'augmentation du vent diminue très-sensiblement la vitesse du projectile; que cette diminution, toutes

choses égales d'ailleurs, est d'autant plus grande que la charge est plus forte ; et partant de quelques autres faits d'expérience, il en conclut une loi générale ; et en l'appliquant aux bouches à feu des calibres employés dans l'artillerie, il trouve que lorsque le vent du projectile est de un vingtième du calibre, il y a près d'un tiers de la charge dont l'effet est perdu pour la vitesse initiale.

Influence du vent dans le mortier-éprouvette. Formule de correction donnée par Lombard. Mode employé dans les épreuves actuelles. — Dans les épreuves actuelles des poudres par le mortier-éprouvette, cet instrument se dégrade bientôt par suite du tir, et l'on est obligé de corriger les portées obtenues qui ne seraient évidemment plus comparables. Lombard a donné pour cela une formule déduite de considérations analytiques ; maintenant on emploie une poudre dite *poudre type*, dont on compare les portées à chaque épreuve avec celles qu'elle a données lorsque l'éprouvette et son globe étaient neufs : la différence entre les résultats donne la perte due aux dégradations de l'instrument d'épreuves, et sert de base à un calcul de proportion pour la poudre quelconque que l'on essaye.

Augmentation de vitesse de la balle quand elle est éloignée de la poudre. — Il peut arriver, soit comme conséquence de la forme de l'âme de la bouche à feu, soit par diverses circonstances du chargement, que le projectile reste à une certaine distance de la poudre : on a cherché à reconnaître si cette position avait de l'influence sur la vitesse. Robins conclut de ses expériences que dans ce cas la vitesse initiale est

sensiblement augmentée, surtout si cette distance est considérable. Euler donne des formules pour calculer l'effet de cette position du projectile; mais il reconnaît que ses calculs ne sont pas d'accord avec les résultats des expériences de Robins. Dans de récentes expériences faites sur le tir du fusil, on a trouvé qu'effectivement la vitesse de la balle est augmentée lorsqu'elle n'est pas en contact avec la poudre : on sait que lorsqu'un obstacle arrête la balle à une certaine distance de la charge, il en résulte quelquefois un gonflement très-sensible et même l'éclatement des canons de fusil, bien qu'ils aient assez de ténacité pour résister à une triple charge.

Enfin cela est encore confirmé par les expériences de la commission de Metz en 1842, sur le tir des canons avec ou sans bouchons en arrière du boulet. La diminution du diamètre des charges a été aussi favorable aux vitesses initiales.

Recul de l'arme. — Enfin l'explosion de la charge détermine le recul de la bouche à feu, et c'est une question qui a une très-grande importance, soit pour la construction du matériel, soit pour le tir au fusil : aussi a-t-elle été étudiée depuis longtemps par l'artillerie.

Il résulte des expériences faites à ce sujet : 1° que pour la même bouche à feu le recul augmente toujours avec la charge, lors même qu'elle remplirait le canon, auquel cas la vitesse du projectile est presque nulle; 2° que le recul est plus fort lorsque l'on met un projectile, et que son intensité augmente avec la longueur du canon; 3° enfin, que pour une même charge de poudre le recul augmente avec l'allongement de la charge.

Les expériences de Metz prouvent qu'effectivement avec nos canons, bien au delà des limites des charges de guerre, le recul augmente constamment avec le poids des charges (8e Rapport); il paraît aussi augmenter avec la longueur de la charge, le poids restant le même, principalement lorsque les charges sont un peu fortes.

Enfin on peut encore citer, à l'appui de cette opinion, les expériences faites sur le nouveau fusil d'infanterie, dont le calibre a été augmenté, ainsi que le diamètre de la balle : elles prouvent que bien que la nouvelle arme donne à la balle une plus grande vitesse initiale, le recul, mesuré au pendule, est plus faible que pour l'ancien modèle, dont la charge était plus forte.

Il n'y a pas de rapport entre les vitesses et les reculs. — On doit donc regarder comme prouvé par l'expérience, et contrairement à beaucoup d'opinions respectables, que pour toutes les armes, tandis que les vitesses initiales n'augmentent que jusqu'à une certaine proportion du poids des charges à celui des projectiles, les reculs augmentent constamment avec les charges, et que, par conséquent, il n'y a pas de rapport constant entre la vitesse du projectile et celle du recul.

Enfin, il est un autre élément des portées qui a la plus grande influence sur les résultats, c'est l'angle de tir. On sait que, toutes choses égales d'ailleurs, la portée croît avec l'angle de départ du projectile jusqu'à une certaine limite peu inférieure à 43°, et qui, selon les vitesses initiales, peut même descendre à 33°. (Persy, Cours de balistique.) Il s'ensuit qu'en combi-

nant la charge qui donne dans une arme la plus grande vitesse au projectile, avec l'angle de plus grande portée, on pourrait obtenir la portée *maximum* que cette arme peut donner, en admettant toutefois, ce qui est peu probable, que la charge de vitesse *maximum* ne varie pas avec l'inclinaison du canon.

Angle de tir. Application des principes relatifs aux portées. — Tel est l'ensemble de faits et de principes qui constituent ce que l'on peut appeler la théorie des portées. On conçoit qu'elle permettrait de résoudre assez simplement toutes les questions de la pratique au moyen d'un petit nombre d'expériences préliminaires.

Une bouche à feu étant donnée, et connaissant sa portée sous un certain angle, et avec une certaine charge d'une poudre éprouvée par le mortier-éprouvette, il sera très-facile de déterminer quelle charge de la même poudre donnerait la portée plus grande ou plus petite que l'on veut obtenir, jusqu'à la limite de la charge de plus grande vitesse; et de déterminer *à priori*, pour toute autre poudre mesurée également au mortier-éprouvette, quelle serait la charge qui donnerait les mêmes résultats.

Il serait donc très-facile d'établir, pour chaque bouche à feu, d'une part, la relation entre les portées et les charges pour chaque angle de tir jusqu'à la limite de résistance du matériel: charges bien inférieures à celles qui produisent la vitesse *maximum*, ainsi que le prouve l'expérience; et de l'autre, jusqu'à la limite de l'angle de tir le plus grand que permet la construction du matériel, ou la possibilité de

viser, angle bien au-dessous généralement de celui de la portée *maximum;* on obtiendrait donc de cette manière des tables de portées déduites de l'expérience, et au moyen desquelles on déterminerait *à priori,* suivant les distances et le but qu'on se propose, soit les charges, soit les angles de tir, et par suite les hausses, de manière à avoir la très-grande probabilité d'obtenir la portée que l'on veut.

La théorie des portées n'est pas exacte. — Malheureusement, il en est de cette théorie spéciale comme de celle plus générale que l'on a cherché à déduire des lois de la mécanique et des propriétés physiques et chimiques de la poudre : non-seulement l'expérience, cette grande loi d'une arme toute pratique, ne la confirme pas, sauf dans quelques cas que nous avons signalés ; mais bien plus, des faits nouvellement constatés, et qui ne sont pas tous expliqués, viennent renverser ses bases fondamentales.

Il n'y a point de force absolue de la poudre. — On a vu que toute cette théorie repose sur ce principe, que la force absolue de la poudre est mesurée par la portée qu'elle donne au globe du mortier-éprouvette, ou, en d'autres termes, que la poudre qui donne le plus de vitesse au globe, donnera également la vitesse la plus grande aux autres projectiles de l'artillerie dans leurs bouches à feu respectives.

Or cela est complétement inexact : il est même singulier que cette idée se soit conservée presque jusqu'à ce jour, lorsque des faits reconnus comme constants par les anciens artilleurs, devaient au moins porter le doute dans les esprits.

Il n'y a pas de mauvaise poudre pour le canon.

— Et en effet, tout le monde savait que la poudre non grenée (le pulvérin) ne donne presque pas de vitesse aux projectiles des armes courtes et à la balle du fusil; et cependant ce même pulvérin, employé dans une pièce de 24, donne au boulet autant de vitesse que la poudre ordinaire. Bien plus, Proust et Lombard citent l'exemple d'un simple mélange fait au tamis, de salpêtre et de charbon, ce dernier dans la proportion de 1/7, qui a également donné autant de vitesse que la poudre grenée renfermant du soufre; et cela était tellement reconnu par les anciens artilleurs, qu'il était prescrit de conserver les poudres avariées pour le canon : c'était un vieux principe de l'artillerie qu'il n'y a pas de mauvaise poudre pour le canon.

Du reste, des faits nombreux et récents ne peuvent laisser le moindre doute sur l'inexactitude de ce mode de mesurer la force absolue de la poudre.

Expériences d'Esquerdes. Poudre à charbon roux des meules la plus forte au canon. — Dans les épreuves d'Esquerdes, faites en 1831, dans le but de comparer les poudres anglaises avec les poudres françaises des diverses poudrières, on a employé simultanément le mortier-éprouvette et le canon pendule de 12. Or, à la suite de nombreuses expériences, la commission établit ces deux faits capitaux : 1° que ce sont en général les poudres les plus faibles au mortier-éprouvette, qui ont donné les plus fortes vitesses au canon de 12; la poudre à charbon roux des meules d'Esquerdes est d'autant plus remarquable à cet égard, qu'elle a donné avec le canon des vitesses supérieures à celles de la poudre anglaise et

des six autres poudres françaises essayées, tandis qu'au mortier sa portée est restée constamment au-dessous de la portée de réception.

Le mortier-éprouvette n'indique pas la force des poudres à canon. — 2° Qu'il n'existe pas de relation entre les portées au mortier-éprouvette, et les vitesses au canon de 12.

Ces faits ont été confirmés par les expériences faites dans la même poudrière pendant les années 1832, 33, 34 et 35; et il a été complétement démontré qu'il n'y a aucun rapport entre les portées au mortier-éprouvette et les vitesses aux canons de 12 et de 30. Et la Direction des poudres s'exprime ainsi dans son rapport au ministre de la guerre (5 juin 1835) :

« Le mortier-éprouvette, seul mode d'épreuves « aujourd'hui, et qui a été imité par les principales « puissances d'Europe, ne donne de garanties que « sur les effets de la poudre dans les bouches à feu « courtes : il est prouvé que les poudres sont loin « d'agir de la même manière dans les bouches à feu « longues, etc., etc. La véritable épreuve de chaque « espèce de poudre doit avoir lieu dans les armes « mêmes qui les emploient et dans les circonstances « ordinaires du service, etc., etc. »

Le mode actuel d'éprouver les poudres est mauvais.—Ainsi donc, le mode d'épreuves des poudres par le mortier-éprouvette est mauvais, et il est démontré, par l'expérience, qu'il n'y a point réellement de force absolue de la poudre : son intensité varie avec les circonstances de son emploi.

Les vitesses ne sont pas proportionnelles aux racines carrées des charges.—Le second principe

fondamental de la théorie que nous examinons, c'est que pour un même projectile lancé avec la même bouche à feu, les vitesses initiales sont comme les racines carrées des charges de la même poudre.

Cela suppose que l'inflammation de la poudre serait instantanée ou à très-peu près instantanée.

C'était l'opinion de Robins, Hutton, Lombard, etc.; mais nous avons déjà fait voir, en examinant l'effet des longues charges, que l'inflammation de la poudre, évidemment successive lorsqu'elle est disposée à l'air libre sous forme de traînée, est aussi successive lorsqu'elle est renfermée dans des tubes : cela ne peut plus être contesté, et avec ce fait tombe la loi de proportionnalité des vitesses aux racines carrées des charges. Du reste, du moment que l'on avait reconnu que les vitesses n'augmentent pas constamment avec les charges, il était évident que la loi dont il s'agit ne pouvait avoir lieu que dans des limites fort restreintes et variables dans chaque bouche à feu ; et on ne devait pas en faire un principe général.

Expériences de Metz.—La commission des principes du tir, à la suite de ses expériences nombreuses et directes faites à Metz dans le but de déterminer le rapport des vitesses initiales aux charges, s'exprime ainsi :

« On conclut de là que les vitesses ne sont pas pro-
« portionnelles aux racines carrées du poids des
« charges, même pour les petites charges, cas pour
« lequel on avait généralement admis cette propor-
« tionnalité. »

En examinant les tracés des courbes qui représentent ces expériences, et qui sont joints au huitième

rapport de la commission, on voit même que l'on ne se rapproche de cette loi que dans le cas des charges moyennes au-dessous de celles qui sont généralement employées, et que, pour les charges ordinaires et les grandes charges, la différence est extrêmement sensible; c'est un fait parfaitement établi et qui renverse le second principe de la théorie admise jusqu'à présent.

Le rapport entre les vitesses initiales et les portées n'a rien de constant.—Quant au rapport admis entre les vitesses initiales et les portées, il est évident qu'il doit varier avec la forme des projectiles, d'où dépend en partie la résistance que leur oppose l'air, et il est démontré par des expériences que nous citerons plus loin, qu'avec une légère modification dans la forme de projectiles de même poids et ayant le même vent, on peut, avec les mêmes vitesses initiales, obtenir des portées très-différentes : du reste, nous croyons avoir prouvé que, ce rapport fût-il vrai en principe pour les projectiles parfaitement sphériques, les causes permanentes de déviations que nous avons signalées ne permettraient pas d'en déduire une règle pratique pour le tir des bouches à feu.

Ainsi tombent toute cette théorie et les conséquences pratiques que l'on en voudrait tirer.

Force de la poudre. — Il est clair qu'une des principales difficultés est dans l'appréciation de la force de la poudre, et de ses effets si variables avec les diverses bouches à feu.

Opinion d'Euler. — La force de la poudre, dit Euler (Nouv. Princ. d'artill., p. 271), dépend de la quantité des gaz, et de la rapidité de leur production.

Poudre fulminante; son peu de force d'impulsion. — Nous ferons d'abord remarquer que les poudres fulminantes, dont l'action est instantanée, ne communiquent presque aucune vitesse aux projectiles. Un mortier chargé avec une petite quantité de poudre fulminante a éclaté, et sa bombe n'a été lancée qu'à quelques pas seulement; c'est la conséquence de l'inertie de la matière.

Opinions des savants presque toutes différentes. — Quant à la quantité de gaz produite, on a cherché à la déterminer par l'expérience, et Proust voulait en déduire la meilleure proportion à établir entre les trois éléments de la poudre.

D'après les travaux des savants modernes, la poudre s'enflamme vers 240° Réaumur : les résultats de sa combustion sont des gaz permanents, et des produits solides.

D'après les anciens auteurs, le volume des gaz permanents est 200 fois celui de la poudre; d'autres le portent de 250 à 120, et quelques-uns plus modernes, à 50 fois ce volume.

M. Gay-Lussac, à la suite de ses expériences, conclut qu'il y a environ moitié des produits de la combustion en gaz permanents, et moitié en corps solides, et il estime que le volume des gaz est 450 fois celui de la poudre.

La température des gaz qui a une si énorme influence sur leur tension, est également appréciée fort différemment. D'après Robins, elle serait de 800°. M. Gay-Lussac l'estime à 1000°; d'autres savants à 2150°, à 2550°, et M. Piobert à 2400°.

Tension de la poudre au moment de l'explo-

sion. — Les expériences de Rumfort prouvent que les produits solides de la combustion sont gazéifiés en entier au moment de l'explosion. La tension totale se compose donc de la tension des gaz permanents, et de celle provenant des corps solides.

D'après M. le colonel Piobert, la tension des gaz permanents serait de 7500 atmosphères : quant à la tension des vapeurs, il n'établit pas de calculs à cet égard; seulement après avoir discuté les nombreuses expériences de Rumfort, il conclut que la tension totale la plus probable est de 29000 atmosphères. Rumfort l'ayant évaluée à 100000 atmosphères, tandis que Robins ne l'avait estimée qu'à 1000. On voit que c'est un point sur lequel la science ne nous dit rien de bien positif jusqu'à présent.

Causes qui influent sur la force de la poudre. — Occupons-nous donc des résultats de la pratique; et examinons en particulier chacune des causes qui paraissent influer sur les effets des poudres.

Principes constituants.—La proportion des trois principes constituants (salpêtre, soufre et charbon) est à peu près la même chez toutes les puissances de l'Europe : il est prouvé que de légères modifications dans cette proportion ont peu d'influence sur la force de la poudre dans les diverses armes. M. Piobert s'exprime ainsi dans un de ses savants mémoires : « Les « qualités chimiques de la matière qui forme la pou- « dre, le mode de dosage ou de manipulations, n'ont « pas sur les effets de la poudre l'influence qu'on est « généralement porté à leur accorder. »

La grosseur et la densité du grain fort importantes. — La granulation a une grande importance.

L'expérience a prouvé, depuis longtemps, qu'il était nécessaire de fabriquer la poudre en grains; leur grosseur et leur densité ont une très-grande influence sur la force de la poudre. Il résulte des nombreuses expériences faites à ce sujet (Esquerdes, 1837), que pour chaque bouche à feu il y a une relation entre la grosseur du grain et sa densité et même la charge, qui donne au projectile la plus grande vitesse initiale; d'où l'on pourrait conclure que pour obtenir des effets *maxima,* il serait nécessaire d'employer une poudre particulière pour chaque bouche à feu; et, ce qu'il y a de bien remarquable à cet égard, c'est que jusqu'au milieu du XVIe siècle on employait une poudre spéciale pour chaque bouche à feu. C'est Sully qui, étant grand maître de l'artillerie, simplifia la fabrication par l'adoption d'une seule poudre de guerre. (Brunet, Histoire de l'artillerie.)

Le salpêtre renferme toujours un peu de sels déliquescents nuisibles à la conservation de la poudre; mais dans les limites admises, ils n'ont aucune influence sur sa force.

Le soufre est pur.

Le charbon distillé peut donner des poudres brisantes : il est défendu de l'employer. — Quant au charbon, le bois dont il provient a une faible influence; mais la manière dont il a été fabriqué peut en avoir une énorme. Le charbon distillé, roux et même noir, donne une poudre presque sans force à l'éprouvette, mais qui en a une très-grande au canon, et qui même est très-souvent destructive dans les grandes bouches à feu : des poudres fabriquées avec ce charbon ont brisé ou mis hors de service en un

petit nombre de coups des pièces de siége et de campagne : aussi est-il défendu maintenant d'employer le charbon distillé pour les poudres de guerre.

Le procédé de fabrication a beaucoup d'importance. Toutes les poudres de guerre sont faites avec les pilons. — Le mode de fabrication a une très-grande influence sur l'action destructive des poudres dans les bouches à feu. Des poudres rondes ou anguleuses, à charbon noir ordinaire, fabriquées au moyen des meules, ont mis hors de service des pièces de 8 après une moyenne de 100 coups, tandis que des poudres, en apparence identiques, mais fabriquées par l'ancien procédé des pilons, ont donné des résultats assez réguliers, sans être destructives des bouches à feu : aussi le ministre de la guerre a décidé, en 1837, que toutes les poudres de guerre seraient fabriquées uniquement par les pilons et avec le charbon ordinaire.

Influence des manipulations. — Du reste, dans ce mode de fabrication, comme dans tous les autres, toute modification dans la durée des manipulations, la forme ou le poids des appareils, l'ordre suivi, etc., etc., a des conséquences très-graves relativement à la puissance balistique de la poudre. Des poudres à grains fins provenant des culots des mortiers à pilons, ont donné des vitesses triples de celles de la poudre ordinaire : aussi est-il très-important qu'une surveillance de tous les instants donne sécurité sur la nature des produits livrés à l'artillerie.

Relation entre la grosseur, le poids du grain et son lissage. — La forme du grain et le poli de sa surface (le lissage) ont aussi une très-grande in-

fluence sur la force d'une poudre, et l'on peut, jusqu'à un certain point, compenser la finesse du grain par une plus grande pesanteur spécifique et par un lissage plus brillant, et suppléer au peu de pesanteur spécifique et de lissage par la grosseur du grain; mais « il existe une certaine combinaison de la gros-« seur avec le lissage et la pesanteur spécifique du « grain qui produit le *maximum* d'effet; cette com-« binaison varie pour chaque calibre, et dans chaque « calibre pour chaque charge, et bien plus, elle varie « avec le poids et le vent du projectile.» (Expériences d'Esquerdes, publiées en 1837.)

Influence de la forme du grain. — La forme du grain a aussi de l'influence; déjà depuis longtemps, les poudres rondes de Berne ont été signalées comme brisantes, et ce mode de fabrication, essayé pendant quelque temps en France, a été abandonné par ce motif. Récemment des poudres rondes à charbon distillé, ont mis hors de service des pièces de 8 et de 12 en bronze après 35 coups; et des poudres rondes à charbon ordinaire, fabriquées par les meules, ont mis hors de service 4 pièces de 8 après 106 coups. (Rapport du comité, 7 décembre 1835.)

Action du poussier. — La plus ou moins grande quantité de poussier que renferme la poudre, a nécessairement de l'influence sur sa puissance balistique, et sous ce rapport la poudre agira différemment, suivant qu'elle sera employée aussitôt après sa fabrication, ou après de longs transports; et cela est confirmé par l'expérience.

Ainsi à Metz, en tirant la même poudre avant qu'elle ait voyagé, ou après l'avoir débarrassée de la

plus grande partie du poussier (environ 1,544 pour 100) qui s'était formé pendant un voyage de 456 kilomètres, on a obtenu au canon des vitesses beaucoup plus grandes et beaucoup plus régulières, à tel point que la charge du quart du poids du boulet a donné plus de vitesse au projectile et moins de recul au canon que la charge du tiers avec la même poudre ayant son poussier; et, bien que l'effet du poussier soit moins sensible dans les armes courtes et le fusil, il est cependant très-appréciable, surtout pour les poudres non lissées.

Proportion des grains de diverses grosseurs variables : elle influe sur l'effet balistique. — La grosseur et la forme du grain ayant tant d'influence sur les effets des poudres dans les diverses bouches à feu, on conçoit combien il serait important que, dans les deux poudres employées à l'armée, les grains fussent identiques.

Or, quelle que soit la perfection actuelle des procédés employés pour la granulation de la poudre, on ne peut espérer d'obtenir cette égalité parfaite des grains.

La grosseur du grain à canon varie entre $2^{mm},5$ et $1^{mm},4$, et celle du grain à mousquet entre $1^{mm},4$ et $0^{mm},6$. Les limites sont assez étendues, comme on voit, et la proportion des grains des grosseurs comprises entre ces limites est nécessairement très-variable lorsque la poudre vient d'être fabriquée; mais lorsqu'elle est ancienne ou qu'elle a voyagé, les formes, les grosseurs, les proportions des divers grains, subissent de grandes modifications; aussi de la poudre à canon des pilons qui, à la réception,

avait 412 grains au gramme, après avoir voyagé, en avait 570; et le poids des gros grains avait diminué presque dans la même proportion, et il est prouvé par l'expérience que les effets balistiques varient beaucoup avec les grosseurs des grains, surtout dans le canon (*Mémorial,* 6e numéro.)

Densités des poudres variables : elles ont beaucoup d'influence sur leur force. — Les densités apparentes et absolues des poudres, et leur densité gravimétrique qui est le poids d'un même volume de poudre et qui dépend par conséquent de la grosseur, de la forme et de la densité des grains, ont une grande influence sur les effets balistiques des poudres; et cela est assez évident de soi-même, soit que l'on règle les charges au poids, soit qu'on les règle au volume.

Or l'expérience prouve que les densités sont très-variables dans les mêmes poudres, même au moment de leur réception dans les poudrières; mais après un long séjour dans les magasins, ou à la suite de voyages où elles ont été soumises à des alternatives de sécheresse et d'humidité, les variations de densités deviennent très-sensibles. L'humidité, absorbée par les grains, les fait grossir et augmente leur pesanteur spécifique; séchés plus ou moins, ils reprennent leur poids en partie en conservant le volume qu'ils ont acquis.

Ainsi donc, il est à peu près impossible que les mêmes poudres soient rigoureusement dans les mêmes conditions de densité, et sous ce seul rapport, on ne peut en attendre des effets identiques dans le tir. Nous ferons cependant remarquer que,

dans les poudres à pilons, les variations de densités sont moins sensibles que dans les poudres des autres procédés de fabrication, et c'est un des motifs de l'adoption exclusive des poudres à pilons pour les armes de guerre.

Influence de l'eau contenue dans la poudre. — Enfin la poudre contient toujours une certaine quantité d'eau, variable nécessairement avec l'état hygrométrique de l'atmosphère; or l'eau qui, à la température de 100°, a la tension d'une atmosphère, aurait à 2400°, température des gaz au moment de l'explosion d'après M. Piobert, si la loi vérifiée jusqu'à 224° a lieu par ces hautes températures, l'énorme tension de 1.311.265 atmosphères.

Un peu d'eau augmente la force de la poudre. Les poudres humides perdent beaucoup de leur force. Les poudres très-humides se décomposent et ne peuvent retrouver leur force par le séchage. — Un peu d'eau contenue dans la poudre pourrait donc augmenter sensiblement la tension des produits gazeux, et par conséquent la force de la poudre; mais, d'un autre côté, comme l'eau, en passant à l'état de vapeur, absorbe une grande quantité de calorique, une plus grande quantité d'eau donnerait un résultat contraire, et cela est confirmé par l'expérience. Il a été constaté que la poudre qui renferme un demi pour cent d'eau, a plus de force que lorsqu'elle est parfaitement sèche; et il résulte des nombreuses expériences comparatives faites à Metz, en 1836 et 1837, sur les poudres de guerre, des différents procédés de fabrication, et dont le savant colonel, M. Piobert, a donné le résumé dans le 6e numéro

du *Mémorial de l'artillerie,* que certaines poudres très-denses peuvent absorber, par leur séjour dans l'air, assez d'humidité pour perdre environ moitié de leurs portées au mortier-éprouvette; avec les poudres anciennes et celles des meules, lorsqu'elles sont très-humides, les vitesses communiquées à la balle du fusil ont été réduites à plus de trois quarts; et il faut remarquer ici qu'il n'est question que de l'eau que peuvent absorber les poudres dans un air très-humide, sans produire la désagrégation de leurs éléments, ce dont on s'aperçoit par le gonflement du grain et l'efflorescence du salpêtre à sa surface; dans ce dernier cas, la poudre perd toute sa force que le séchage ne peut lui rendre, même en partie; et pour pouvoir être employée, il faut que la matière soit soumise de nouveau à l'action des machines qui ont servi à sa préparation première.

Les effets de l'humidité peu sensibles dans les poudres des pilons. — Du reste, il en est de l'humidité des poudres comme de leurs densités; ses effets sont bien moins sensibles dans les poudres des pilons qui peuvent absorber plus de 17 pour 100 d'eau, sans que la constitution du grain soit altérée, et qui, jusqu'à cette quantité d'eau, retrouvent presque toute leur force par le séchage, ce qui n'a pas lieu pour les autres poudres.

Théorie de M. Piobert. — On voit combien de causes influent sur la force de la poudre, et quelles différences d'effets balistiques sont possibles avec des poudres en apparence identiques. Comment expliquer tous ces résultats si variables, si imprévus, dont plusieurs ne peuvent être indiqués par un

examen physique et chimique, en les rattachant à quelques principes généraux, de manière à établir enfin une théorie de la poudre? M. le colonel Piobert l'a fait, et ses travaux sur cette question qui a occupé tant de savants illustres, lui ont mérité un siége à l'Académie des sciences. Nous allons les examiner rapidement sous le point de vue de la pratique, qui est le but de notre travail.

D'après l'auteur, lorsqu'on met le feu à un grain de poudre, il y a deux choses à considérer : la vitesse d'inflammation et la vitesse de combustion.

Vitesse d'inflammation d'un grain. Vitesse de combustion. — L'inflammation se communique de suite à tous les points de la surface du grain qui brûle ensuite jusqu'au centre par couches concentriques; le temps que met le grain à se comburer entièrement est la vitesse de combustion; ainsi donc, l'inflammation serait instantanée, quelles que soient la grosseur du grain et la vitesse de combustion successive.

A la suite d'expériences nombreuses faites sur des galettes de poudre et des grains de toutes grosseurs et de toutes densités, M. Piobert conclut que le grain à canon du diamètre et de la densité ordinaires est comburé en un dixième de seconde; il établit en principe, d'après ces mêmes expériences, que la combustion est proportionnelle au temps, et que sa vitesse est à peu près en raison inverse de la densité du grain.

Combustion d'une charge de poudre. — Quand il s'agit d'une charge de poudre, un grain, en s'enflammant, développe de suite des gaz dont la tempé-

rature est d'au moins 2400°; ces gaz, en se glissant dans les interstices que les grains laissent entre eux, les enflamment presque tous instantanément, la vitesse de ces gaz dans un tube résistant étant d'après Hutton, de 3 à 5,000 pieds, d'après Robins de 7,000 pieds anglais, serait seulement de 10 mètres par seconde d'après M. Piobert, dans le cas que nous considérons.

Refoulement. Charges allongées. — Cette communication de l'inflammation à tous les grains de la charge est toujours très-rapide, et d'autant plus grande que les grains sont plus gros, puisqu'ils laissent plus de passage aux gaz; mais aussi le temps nécessaire à la combustion de chaque grain est augmenté; de sorte qu'il y a une espèce de compensation entre ces deux vitesses. Si le grain est rond, il y a plus d'interstices et plus de facilité pour le passage des gaz; si la poudre est réduite en pulvérin, la vitesse d'inflammation se confond avec celle de combustion. Cela explique parfaitement quelle peut être l'influence du refoulement dans le chargement : s'il est assez faible pour réduire un peu le volume de la charge sans boucher les interstices qui séparent les grains, la tension sera augmentée; s'il est assez fort pour écraser une partie des grains et nuire ainsi à la communication de l'inflammation aux diverses parties de la charge, l'effet balistique sera diminué, surtout pour certaines armes; enfin on comprend comment M. Piobert a pu être conduit par sa théorie à cette importante découverte des charges allongées qui permet d'utiliser toutes les poudres, même les plus destructives, dans les grandes bouches à feu; c'est un im-

mense service rendu à l'artillerie et à son pays par ce savant officier.

Conclusions confirmées par l'expérience. — L'auteur conclut de ces considérations, qu'il existe pour chaque espèce de poudre et pour chaque charge, une dimension de grains qui donne naissance à la plus grande quantité de gaz dans un temps donné très-court; d'où il suit, que dans les longues charges, il y a avantage à employer une poudre à gros grains, pour que les parties éloignées du point où l'on met le feu soient enflammées le plus vite possible; mais alors, il est bon que ces grains aient une faible densité, afin que leur vitesse de combustion soit très-rapide. Dans les petites charges, comme celle du fusil, la petitesse du grain n'est plus un obstacle à la vitesse d'inflammation, et la vitesse de combustion, très-grande alors, favorise la production des gaz; la densité a alors peu d'influence. Ces principes résultent du reste des curieuses expériences faites à Esquerdes, en 1837, par MM. Barbier et Magnin, sur 144 espèces de poudres différentes; et l'on peut dire que, sous ce rapport, la théorie est parfaitement d'accord avec l'expérience.

Théorie analytique. — Partant de ces faits bien constatés, l'auteur établit sa théorie générale de la poudre.

Il emploie deux formules, dont l'une donnée par Rumfort, comme conséquence de ses nombreuses expériences, exprime la tension en fonction de la densité des gaz; on doit seulement faire observer que cette formule empirique ne donne plus de résultats confirmés par l'expérience, dans les hautes ten-

sions : la seconde formule, établie par M. Piobert lui-même, donne la densité des gaz à chaque instant de la combustion de la poudre.

A l'aide de ces deux formules, il a calculé les tensions dans les enveloppes déterminées, et par suite les charges qui les feraient éclater; les points de rupture, les épaisseurs des bombes, etc. Il donne ensuite la loi d'inflammation des charges dans les bouches à feu; puis enfin les équations du mouvement du projectile dans l'âme, le recul de l'arme, les efforts exercés en chaque point, les formes et les épaisseurs qui en sont la conséquence d'après la ténacité des matières employées, etc., tout cela par des formules de haute analyse, qu'on ne parvient à exprimer en termes finis qu'au moyen de suppositions plus ou moins fondées, mais dont nous n'avons pas à nous occuper : le jugement de l'Académie des sciences sur les savants mémoires de M. le colonel Piobert, constate suffisamment toute leur valeur sous le point de vue scientifique; mais ce qu'il importe de faire remarquer, c'est que deux éléments seuls de la force de la poudre entrent dans cette théorie : la grosseur et la densité du grain; et qu'elle ne donne aucune explication des différences d'effets si énormes qui résultent pour des poudres *du même grain et de la même densité,* du procédé employé pour faire le charbon, et du mode de fabrication de la poudre.

La théorie basée sur des suppositions difficiles à admettre. — Nous n'avons pas besoin de faire remarquer que les formules de M. Piobert, quelque exactes qu'elles soient, ne peuvent cependant donner les vitesses initiales qu'en partant d'hypothèses relati-

vement au mouvement des projectiles dans la bouche à feu; soit que l'on admette que le boulet glisse le long d'une arête du canon, ce qui ne peut avoir lieu dans les bouches à feu ordinaires à cause du vent du projectile; soit que l'on suppose le nombre des battements et leur position connus d'avance, ce qui est tout à fait inadmissible; soit enfin, pour tous les cas du tir, que l'on regarde comme connue la perte de vitesse due au frottement dans l'âme; or il est difficile de concevoir une formule générale qui, sur ce point, soit vérifiée par l'expérience.

La théorie ne peut suppléer à la pratique. — Il est donc évident que cette théorie, qui ne comprend qu'un certain nombre des éléments de la force de la poudre, ne peut donner la solution rigoureuse de cette question pratique, si importante à résoudre : Quelle est la relation entre les vitesses et les charges d'une poudre quelconque? et que, par conséquent, ainsi que l'a exprimé plusieurs fois le comité d'artillerie, et tout récemment la direction des poudres, c'est de l'expérience seule qu'on peut en attendre la solution.

Importance de conserver à l'État le monopole de la fabrication des poudres. Les poudres des pilons seules adoptées. — Puisqu'il y a des poudres dont les effets si variables dans les diverses bouches à feu, et même si dangereux pour le matériel, ne peuvent cependant être indiqués par leur examen physique ou leur analyse chimique, on conçoit combien il est nécessaire que l'État conserve le monopole de la fabrication des poudres de guerre, et quelle est l'importance d'un mode uniforme de fabrication : ce

motif a fait prescrire par le ministre de la guerre, de revenir, pour les poudres de guerre, à l'ancien procédé des pilons, qui donne à la vérité des poudres plus faibles dans certaines armes, mais dont les effets ne sont pas brisants, et qui se conservent très-bien dans les transports et dans les magasins, ainsi que le constatent des poudres fabriquées de cette manière en 1640, et qui ont très-bien conservé leurs forces jusqu'à présent.

Importance de coordonner les diverses parties de l'artillerie. — On a, par ce mode de fabrication, des poudres de guerre à très-peu près identiques, et dont la puissance balistique et les effets sur les armes employées dans les places ou dans l'armée, peuvent être connus d'avance, du moins entre certaines limites; et c'est ici le lieu de faire remarquer la relation intime qui existe entre les diverses parties dont l'ensemble constitue la science de l'artillerie. Il est évident qu'une modification en apparence insignifiante dans la fabrication de la poudre, une simplification indiquée même par la science, pourraient, en faisant varier son action, nécessiter un changement complet dans tout le matériel, canons, affûts, fusils, etc., etc.; changement qui non-seulement serait ruineux pour l'État, mais souvent même impossible à effectuer; car toutes les armes ont des conditions spéciales et indispensables à remplir, suivant le but auquel elles sont destinées, et ces conditions sont tellement impérieuses, qu'on ne devrait pas hésiter à leur sacrifier les avantages d'une plus grande puissance balistique de la poudre.

Il n'y a point de vitesse d'inflammation ni de

force absolues de la poudre; il n'y a point de mode d'épreuve absolu. — En définitive, il résulte de tout ce que venons d'exposer, qu'il n'y a ni vitesse d'inflammation ni force absolues de la poudre, et qu'il n'y a aucun mode d'épreuves qui puisse donner la garantie de ses effets dans les diverses bouches à feu ; l'expérience seule, appliquée à chaque calibre et à chaque charge, peut fournir des données nécessaires pour la pratique; mais il ne faut en attendre que des limites d'effets, et non des résultats positifs; car, malgré l'uniformité des procédés de fabrication, l'emploi des mêmes machines et la surveillance la plus assidue, on ne peut parvenir à obtenir des poudres dont les effets soient les mêmes dans les mêmes circonstances, bien qu'en apparence elles ne présentent aucune différence. Il suffit, pour s'en convaincre, de jeter un coup d'œil sur les relevés d'inspections des poudrières. On voit, en effet, que les poudres à canon, fabriquées en 1838 et en 1840, ont donné des portées au mortier-éprouvette, qui ont varié entre 223 et 250 mètres, et des vitesses à la balle du fusil-pendule, comprises entre 462 et 532 mètres, différence de plus du dixième dans les portées, et de plus du septième dans les vitesses.

Le but en blanc ne peut être donné que par approximation.— Dans toutes les bouches à feu de campagne, et pour le fusil d'infanterie, on a adopté depuis longtemps le système d'une charge de poudre constante pour chaque bouche à feu ; c'est une nécessité du service; il s'ensuit que le tir aux différentes distances a lieu en faisant varier l'angle de mire ; d'où résulte la nécessité de connattre le but en blanc natu-

rel de chaque bouche à feu, pour une charge constante. D'après tout ce qui précède, on voit que cette détermination du but en blanc n'a rien d'absolu, et que, pour la même charge, l'espèce de poudre, de légères variations dans les poudres, en apparence parfaitement pareilles, peuvent occasionner des différences très-sensibles dans les portées de but en blanc.

Les projectiles du même calibre ne sont pas identiques. — Mais lors même que l'on n'emploierait que des poudres parfaitement identiques, ce qui, comme nous venons de le faire voir, est réellement impossible, il faudrait, pour obtenir les mêmes portées, que les projectiles du même calibre fussent eux-mêmes identiques : or, c'est ce qui n'est pas.

Différence dans les diamètres. — Bien que l'on fixe des limites fort resserrées, au moyen des lunettes de réception, pour le diamètre des projectiles, le retrait plus ou moins grand que prend le métal en se refroidissant, l'ébarbage, le lissage, le rebattage, l'oxydation, le nettoiement, etc., des projectiles, tous ces motifs occasionnent une différence dans les diamètres qui fait varier le vent, et a nécessairement de l'influence sur les portées.

Différences dans les poids, soufflures. — En outre, les projectiles, même rigoureusement du même diamètre et du même métal, varient très-sensiblement de poids, par suite des vides intérieurs plus ou moins grands qui existent dans tous les projectiles coulés, et qui sont dus principalement au retrait du métal, lorsqu'il passe de l'état liquide à l'état solide, et au mode de refroidissement qui a lieu par la surface.

La densité absolue de la fonte n'est pas constante. Sa cause. — Une autre cause influe aussi sur le poids des gros projectiles de l'artillerie, qui sont en fonte.

Il est prouvé que la densité absolue de la fonte est loin d'être constante.

Fonte faite avec le coke, trop légère. — La fonte faite avec le coke est plus légère que celle qui est faite avec le charbon de bois ; et la différence est telle que des maîtres de forges qui travaillent uniquement au coke ont dû refuser la fourniture des projectiles de l'artillerie, se trouvant dans l'impossibilité d'obtenir le poids *minimum* fixé par les règlements.

Fonte provenant de fourneaux à air chaud, plus légère. — Avec le même charbon, le mode de fabrication a une influence sensible ; ainsi la fonte qui provient de fourneaux travaillant à l'air chaud, est constamment moins dense que lorsqu'ils travaillent à l'air froid.

Choix du minerai. — Il y a des minerais de fer avec lesquels on ne peut obtenir une fonte d'une ténacité et d'une densité suffisantes, quelque procédé que l'on emploie ; aussi, dans certaines forges, il est prescrit de n'employer, pour le service de l'artillerie, que des minerais provenant de telle ou telle localité, et pas d'autres.

La fonte de seconde fusion ne donne pas de bons produits. — Enfin la nature de la fonte varie aussi beaucoup suivant qu'elle est de première ou de seconde fusion ; il est prouvé que la fonte de seconde fusion n'offre pas la régularité de densité et de téna-

cité que réclame l'artillerie, et c'est par ce motif qu'il est prescrit de n'admettre, pour la fabrication des projectiles, que la fonte de première fusion.

Conclusions. — On doit donc regarder comme démontré qu'il n'y a pas deux projectiles du même calibre qui soient rigoureusement identiques, bien que les variations soient comprises entre des limites assez resserrées, par suite de la surveillance que les officiers d'artillerie exercent sur tous les détails de la fabrication.

Ainsi donc deux coups tirés avec la même arme, quelque parfaite qu'on la suppose, ne peuvent matériellement avoir lieu dans les mêmes conditions.

Variations de portées dues aux effets du tir. — Mais indépendamment de ces causes de variations dans les portées, qui existent dans toutes les armes, il en est d'autres bien plus graves encore qui sont le résultat d'un tir plus ou moins prolongé, et dont l'effet peut être de détruire toute justesse dans le tir.

Encrassement. — La première est l'encrassement très-sensible, surtout dans le fusil, qui diminue peu à peu le calibre du canon, et finit même par rendre le chargement impossible.

Dégradations de l'âme des bouches à feu en bronze. — La seconde consiste dans les dégradations intérieures produites, principalement dans les bouches à feu en bronze, par la force élastique et la haute température des gaz développés, et par la pression du projectile et son action sur les parois de l'arme.

Il en resulte un refoulement, des affouillements; souvent la fusion d'une partie du métal, un logement du boulet, des battements, etc., etc., dégradations

qui influent très-sensiblement et d'une manière variable sur le tir, et qui souvent font mettre la bouche à feu hors de service après un assez petit nombre de coups.

Il ne peut y avoir de règles absolues de pointage.—Indépendamment des nombreuses causes théoriques de déviation des projectiles que nous avons signalées, on doit donc regarder comme rigoureusement prouvé :

1° Que le but en blanc des diverses bouches à feu n'est donné que d'une manière plus ou moins approchée, et que, par conséquent, il n'y a pas de distance fixe à laquelle on puisse être assuré de toucher un but en visant directement ;

2° Que pour le tir à toutes les distances, il ne peut y avoir de règles théoriques ou même pratiques de pointage, qui donnent des garanties sur l'exactitude et même sur la régularité des effets que l'on veut obtenir, bien que l'on reconnaisse, ainsi que l'indique la théorie et que le confirme la pratique, qu'avec certaines armes dans lesquelles on a su diminuer le nombre des causes perturbatrices, on peut obtenir une régularité et une justesse de tir bien supérieures à celles que donnent les armes de guerre ordinaires.

Autres causes de déviation des projectiles. — Du reste, ces diverses causes ne sont pas les seules qui rendent le tir incertain à toutes les distances ; des déviations très-considérables peuvent provenir du pointage et de la manière d'exécuter le tir, quelles que soient du reste la régularité du mouvement des projectiles et l'identité de la force motrice. Nous allons les examiner rapidement.

On sait que la ligne de mire est le rayon visuel passant par les points les plus élevés du tonnerre et du devant du canon.

Comme en général les armes sont plus épaisses au tonnerre que vers la bouche, il en résulte que la ligne de mire est inclinée sur l'axe du canon, qui, théoriquement, est tangent à la trajectoire, à son origine.

La ligne de mire doit être dans le plan de tir. — La seconde intersection de la ligne de mire avec la trajectoire est le but en blanc de la bouche à feu ; pour frapper un objet placé à ce point, il suffit donc de diriger la ligne de mire sur ce but.

Examinons le pointage dans ce cas, qui est le plus simple.

Dans beaucoup de bouches à feu, les deux points qui déterminent la ligne de mire sont marqués sur la surface extérieure du canon.

La pointage n'offre aucune difficulté, et ne peut occasionner de déviations tant que ces deux points sont dans le plan vertical, passant par l'axe de la bouche à feu, qui est le plan de la trajectoire ; mais si l'on suppose que le canon ait pris un mouvement autour de son axe, de telle sorte que les points de repère de la ligne de mire se trouvent à droite ou à gauche du plan de la trajectoire, alors la ligne de mire, ainsi déterminée, ne sera plus la ligne passant par les points les plus élevés des deux extrémités du canon, et étant prolongée, puisque le diamètre extérieur du canon est plus grand à sa culasse qu'à la bouche, elle rencontrera le plan de tir qu'elle traversera sous un angle plus ou moins aigu à peu de distance de la bouche du canon, de sorte qu'en dirigeant

cette fausse ligne de mire sur le but, le coup portera nécessairement du côté vers lequel l'arme penche: c'est un fait que l'on est très-souvent à même de vérifier dans le tir du canon; lorsque les deux roues sont sur un sol incliné, en pointant directement sur le but, le boulet porte toujours du côté de la roue la plus basse.

Dans le tir du fusil, on conçoit combien il est facile d'incliner le canon un peu à droite ou à gauche, et de prendre pour ligne de mire toute autre arête de la surface extérieure que celle qui est la plus haute; quand le canon n'a pas de hausse, si on dirige la ligne de mire par le sommet du guidon, comme sa hauteur ajoutée à l'épaisseur du canon dans ce point, surpasse l'épaisseur du canon au tonnerre, l'arme n'a plus de but en blanc, et il faut à toutes les distances viser au-dessus du but. Pour conserver l'avantage d'un but en blanc, on recommande de diriger la ligne de mire par le point le plus élevé du tonnerre et le *pied du guidon;* mais c'est ce qu'on ne fait presque jamais, surtout à l'armée. Remarquons, du reste, que cette ligne passant par le pied du guidon, n'est pas réellement la ligne de mire qui devrait passer par son axe; du reste, la déviation due à cette cause est peu considérable, et il est facile de calculer qu'elle ne pourrait être de plus d'un mètre à la distance de 400 mètres. Cet inconvénient disparaît dans le nouveau fusil, dans lequel la ligne de mire est déterminée par une hausse et le guidon; il suffit alors de maintenir cette ligne dans le plan vertical de la trajectoire.

L'ancien fusil avec la baïonnette n'a pas de but en blanc. — Un des principaux avantages de la

hausse est de conserver à l'arme un but en blanc lorsque la baïonnette est mise au bout du canon; quand il n'y a pas de hausse, alors l'épaisseur au tonnerre ne surpassant que d'une très-faible quantité les épaisseurs réunies de la bouche, de la douille et de la virole, la ligne de mire est à très-peu près parallèle à la ligne de tir, et le fusil n'a plus de but en blanc.

Concluons de tout ceci, qu'avec une arme dont le canon aurait sa surface extérieure cylindrique, il n'y a aucun inconvénient à prendre pour ligne de mire une arête quelconque de cette surface, l'écart dû à cette cause ne pouvant surpasser le rayon du projectile; mais qu'avec des canons dont la surface extérieure est conique, comme cela a lieu dans presque toutes les bouches à feu, il importe beaucoup de maintenir la ligne de mire dans le plan du tir.

Influence de la réfraction de la lumière. — Indépendamment de ces causes de déviations apparentes, qui peuvent être la conséquence de la mauvaise détermination de la ligne de mire, il y en a une autre qui dépend uniquement des propriétés de la lumière.

On sait que la lumière se meut en ligne droite dans tout milieu transparent homogène; mais lorsqu'un rayon lumineux traverse deux corps diaphanes de densités différentes, il est dévié à leur surface de contact d'une quantité variable avec le rapport des densités; c'est ce qu'on appelle la réfraction de la lumière.

C'est un phénomène bien facile à constater; il suffit de plonger en partie un bâton dans l'eau; il paraît brisé à la surface du liquide, et la partie enfoncée dans l'eau ne semble plus être le prolongement de la par-

tie qui est hors de l'eau : si donc l'on vise sur l'extrémité du bâton, à la place où elle paraît être dans l'eau, on ne la touchera jamais, quelque exact que soit le tir. Pour atteindre un objet placé dans l'eau, il faut nécessairement toujours pointer au-dessous du but, et à une distance qui dépend de son enfoncement au-dessous de la surface.

Mirage. — L'air, situé près de la terre, n'a pas partout la même densité, et la différence peut être très-sensible, s'il est en contact avec un sable échauffé, par exemple, et une masse d'eau comme la mer. De ces différences de densités qui peuvent exister entre deux couches d'air en contact, au moins momentanément, il peut résulter des déviations souvent très-considérables des rayons lumineux : on en a la preuve dans le phénomène si curieux du mirage, et dans certaines illusions d'optique, qui ont souvent lieu sur la mer. Un projectile, dirigé sur un objet ainsi dévié par la réfraction, ne frapperait donc jamais le but : à la vérité, dans la limite des portées des armes de guerre, cet effet de la lumière ne peut avoir d'influence sensible sur l'exactitude du tir; nous avons dû cependant le signaler, et certainement il faudrait en tenir compte en tirant sur un objet placé dans l'eau.

La réfraction de la lumière peut cependant avoir quelque influence sur le pointage, même dans les circonstances ordinaires du tir.

Influence de l'œil. — Les rayons lumineux, en entrant dans l'œil, et en traversant les diverses substances diaphanes qui le composent, sont nécessairement déviés, plus ou moins, avant d'aller peindre l'image sur la rétine : or le résultat de ces déviations

peut être de faire varier la position apparente du but, suivant la constitution physique et chimique de l'œil. Telle personne verra le but plus grand ou plus petit qu'il ne l'est réellement; telle autre le verra un peu plus haut; telle autre un peu plus bas : il pourra en résulter une mauvaise direction de la ligne de mire, et par suite un tir nécessairement inexact; c'est l'explication de ce fait, souvent constaté, dans les tirs du pistolet, que des personnes également habiles prennent cependant, les unes un peu plus, les autres un peu moins *de mouche* pour atteindre le but.

Influence du mode de support de l'arme.— La manière dont l'arme est supportée peut avoir une très-grande influence sur les résultats du tir, par la réaction du recul sur la direction de la balle; car il est prouvé que le recul commence avant que le projectile soit sorti du canon. Les expériences faites par Cassini fils, devant l'Académie des sciences, ont montré que lorsqu'un canon de fusil est suspendu de manière à pouvoir se mouvoir librement, le recul n'a aucune influence sur la direction de la balle; mais il n'en est plus ainsi lorsque l'appareil qui porte le canon est forcé de tourner autour d'un point ou d'une arête fixe; alors la balle porte toujours du côté où le mouvement est libre. De très-curieuses expériences ont été faites récemment à ce sujet, à la direction des poudres, avec des projectiles pesant 520 grammes, et des charges de $3^{gr},50$ à $4^{gr},10$: la déviation du côté libre a été jusqu'à $0^{m\cdot},78$, pour des distances de $5^{m\cdot},20$!... Dans le tir, la crosse du fusil est appuyée contre l'épaule, en dehors de la verticale, passant par le centre de gravité de l'homme. On conçoit que l'effet du

recul peut être de faire tourner celui-ci sur lui-même, ce qui déterminerait une déviation de la balle à droite du but : il est donc important que le soldat appuie bien la crosse contre l'épaule droite, ainsi que le prescrit l'ordonnance d'infanterie, et qu'il résiste au recul.

Relèvement possible du fusil. — Un des effets du recul est de déterminer dans le fusil un mouvement de rotation qui relève le canon. On conçoit que si ce mouvement était très-prononcé, il en résulterait une déviation de la balle en dessus ; mais généralement la crosse des fusils n'est pas assez courbée pour que ce mouvement puisse avoir une influence bien sensible sur la direction de la balle. M. le colonel Piobert estime que la vitesse du fusil peut être de un demi-calibre, pendant que la balle parcourt la longueur du canon, depuis la charge jusqu'à la bouche ; or, pendant ce faible mouvement suivant l'axe, le mouvement de rotation ne peut être que très-faible ; cependant on conçoit qu'il est bon de s'y opposer le plus possible, en assurant la position de l'arme avec l'épaule, la joue et la main gauche.

Appui du doigt sur la détente. — Enfin, on peut encore faire dévier l'arme en appuyant trop brusquement le doigt contre la détente. L'instruction prescrit *d'appuyer avec force le premier doigt ;* cela ne peut avoir pour but que d'obtenir des feux simultanés ; ce qui n'a aucune importance réelle ; il faut appuyer le doigt, en maintenant bien la position de la ligne de mire, et augmenter peu à peu la pression, jusqu'à ce que le coup parte : c'est du reste ce qui est prescrit dans la nouvelle instruction.

Estimation des distances : règles de pointage. —

A l'armée, il y a une cause d'inexactitude dans le tir du fusil, bien plus grave encore que celles que nous avons signalées; elle consiste dans la difficulté, pour ne pas dire l'impossibilité, d'apprécier la distance du but sur lequel on tire. Quant le fusil, ancien modèle, est armé de sa baïonnette, on prescrit, pour frapper un homme au milieu du corps, de viser :

Depuis { la plus petite distance . . } jusqu'à 100m, à la hauteur de poitrine.
Depuis 100m. . . . . 140m, à la hauteur des épaules.
Depuis 140m. . . . . 180m, à la hauteur de la tête.
Depuis 180m. . . . . 200m, à la partie supérieure de la coiffure.

Au delà de 200 mètres, au-dessus de la coiffure d'une quantité que l'on estime à peu près.

Lorsque le fusil a une hausse, les règles de pointage sont différentes. Dans le dernier modèle de fusil à percussion, la ligne de mire est déterminée par le cran de mire de la visière ou petite hausse placée sur sa culasse, et la partie supérieure d'un guidon plus favorablement disposé que celui des anciens fusils.

Avec cette arme, du calibre de 18 millimètres, et sa balle de 17 millimètres, la charge de 8 grammes détermine un but en blanc d'environ 150 mètres, qui a toujours lieu, que l'arme soit avec ou sans baïonnette.

La nouvelle instruction théorique et pratique sur le tir des armes à feu, qui vient d'être publiée, donne les règles suivantes pour toucher un homme à la ceinture :

A 100 mètres, viser au milieu des cuisses.
à 125 — . . . au milieu du ventre,

à 150 mètres, viser à la ceinture,
à 175 — . . . à la poitrine,
à 200 — . . . au front,
à 225 — . . . au sommet de la coiffure,
à 250 — . . . à 0^{m},90 au-dessus de la coiffure,
etc. etc.

Moyens pratiques d'estimer les distances. La stadia. *Vue des objets d'habillement.* — Or, sur un terrain uni, quand le but est fixe, tout le monde sait combien il est difficile d'apprécier les distances, même les petites distances de 150 à 200 mètres, et de ne pas commettre des erreurs bien au delà des quantités qui nécessitent un changement très-sensible dans l'inclinaison de la ligne de mire. Mais à l'armée, sur un terrain accidenté, lorsque le but est mobile, et souvent à moitié caché dans des plis de terrain, lorsqu'on change soi-même de position, au milieu de la fumée et des émotions du combat, comment est-il possible de juger des distances avec assez de précision pour appliquer les règles de pointage qui s'y rapportent? C'est là une très-grande difficulté, et qui a préoccupé toutes les personnes qui ont étudié cette importante question du feu de l'infanterie. L'instruction sur le tir, qui est rédigée d'après les bases établies par S. A. R. monseigneur le duc d'Orléans, lors de la fondation de l'école de tir de Vincennes, donne les moyens d'enseigner aux hommes à mesurer les distances, et à les estimer, soit à l'aide d'un petit instrument facile à faire partout, même avec deux morceaux de bois, appelé *la stadia*, et basé sur ce principe, que la grandeur apparente du même objet est en raison inverse de sa distance, soit tout simplement à l'œil, d'après les parties de l'habillement que la vue ordi-

naire peut distinguer à certaines distances, en donnant comme résultats d'expérience que :

à 175 mètres, on cesse de voir les boutons,
à 200 — . . . . le pompon,
à 325 — . . . . . . les épaulettes,
etc. etc.

Mais il est évident que ces deux moyens, exposés avec toute la méthode et toute la clarté désirables dans l'instruction, ne peuvent donner que des approximations. Le premier suppose connue la hauteur de l'homme sur lequel on tire, et qu'il puisse être vu depuis les pieds jusqu'au-dessus de sa coiffure; et en outre, il faut une certaine adresse pour bien se servir de la stadia, instrument nécessairement toujours inexact.

Le second moyen demande une vue ordinaire et un air pur, et une grandeur et une couleur d'objets d'habillement bien connus et toujours les mêmes.

Ces procédés ne peuvent donner que des approximations pour les petites distances seulement. Modifications au pointage, nécessitées par la forme du terrain. — Ce ne sont là évidemment que des moyens d'approximation qui peuvent avoir une utilité pour le tir à petites distances, mais qui ne peuvent inspirer de confiance pour le tir à grandes distances, qui est le but principal que l'on recherche maintenant dans les études sur le fusil : l'instruction prétend que pour les distances au-dessous de 200 mètres, il suffit de ne pas se tromper de 25 mètres dans l'appréciation de la distance, pour avoir un tir assez exact; cela résulte de la forme presque en ligne droite de la première partie de la trajectoire décrite



par la balle; mais il n'en est plus de même pour le tir à 500 où 600 mètres, où la trajectoire a une courbure très-prononcée. Mais en supposant même que l'on puisse bien apprécier les petites distances, les règles de pointage ne doivent pas être prescrites d'une manière absolue, et la forme de terrain peut nécessiter des modifications assez importantes. Si l'inclinaison est forte, et que l'on tire de bas en haut, l'action de la pesanteur fait infléchir davantage la trajectoire; le contraire a lieu si l'on tire de haut en bas; aussi l'instruction nouvelle prescrit, dans le premier cas, de viser un peu plus haut que le but, et dans le second, de viser un peu plus bas.

Point de règles pratiques pour le tir au delà de 400 *mètres. Les feux de l'infanterie nécessairement très-incertains. Résultats pratiques du tir à l'armée.* — Du reste, toutes ces instructions ne donnent de moyens pratiques de tir, que jusqu'à la distance de 400 mètres, à laquelle il est prescrit, pour toucher un homme à la ceinture, de viser environ 8 *mètres au-dessus du sommet de la coiffure* (Instruction sur le tir); mais il est prouvé, qu'à l'armée, on tire généralement bien au delà de cette distance, et même bien au delà de celle où les balles cessent de faire des blessures dangereuses : or, à ces grandes distances, il n'y a plus de règles pratiques; il faut viser au-dessus de l'homme; mais de combien? et comment trouver un point de repère? On conçoit que l'on puisse viser en avant et au-dessous du but que l'on veut atteindre; mais pointer plusieurs mètres au-dessus, comment le fera-t-on? et, en tout cas, comment pourra-t-on vérifier si l'on a visé trop haut ou

trop bas, et se régler en conséquence? Il faudait voir où porte la balle; or cela est généralement impossible : pour les gros projectiles, on peut souvent voir s'ils touchent le but, ou de combien à peu près ils s'en écartent; la poussière élevée par un boulet qui frappe le sol, étant visible à plus de 900 mètres, il est donc souvent possible de rectifier le pointage des canons; et d'ailleurs, la positiou des grosses bouches à feu étant momentanément stable dans le tir, on a un moyen assez simple d'évaluer à peu près les distances avec la hausse fixée à la culasse; mais aucune de ces facilités n'existe pour régler le tir du fusil. On estime à peu près la distance, on incline plus ou moins l'arme, suivant que la distance est plus ou moins éloignée de celle de 150 mètres, à laquelle il est prescrit de tirer à hauteur de la ceinture, et l'on ignore, généralement, si l'on a bien ou mal visé. Certes, sauf le cas assez rare du tir à très-petite distance, il est évident que les feux de l'infanterie doivent avoir très-peu de justesse et peu d'efficacité, quelle que soit la perfection du fusil en lui-même, comme arme de jet : aussi, est-on moins étonné, après cet examen rapide, de toutes les causes qui influent sur le tir, et font dévier plus ou moins les projectiles, de ce fait bien constaté, cependant, et qui résulte de la comparaison du nombre de cartouches brûlées à l'armée, avec celui des hommes atteints pendant les dernières guerres, quc l'on a consommé de 3,000 à 10,000 cartouches par homme tué ou blessé, non-seulement par le fusil, mais encore par le canon.

CHAPITRE III.

DU FUSIL D'INFANTERIE.

Conditions auxquelles doit satisfaire une arme de guerre. — Nous établissons d'abord en principe que l'on ne doit mettre entre les mains du soldat que des armes solides, d'un mécanisme simple, très-faciles à charger, dans toutes les circonstances de la guerre, d'un entretien aisé et ne demandant que peu de réparations.

Cela exclut nécessairement les armes de précision se chargeant par des procédés plus ou moins compliqués qui demandent des moyens, du temps ou une intelligence sur lesquels on ne peut compter à l'armée. Les armes de précision, si leur utilité est démontrée, ne peuvent être admises que pour un petit nombre d'hommes d'élite, et dans certaines circonstances tout à fait spéciales; c'est une question que nous examinerons plus tard. Nous allons nous borner dans ce moment à l'étude du fusil destiné à armer la masse de l'infanterie.

Double destination du fusil d'infanterie. — Le

fusil d'infanterie a une double destination. Armé de sa baïonnette, il doit pouvoir servir comme arme de main, et il remplace la pique, qui était autrefois l'arme d'une partie de l'infanterie.

Avec ou sans baïonnette, il est l'arme de jet principale des armées modernes.

Nous allons le considérer sous ce double point de vue.

Le fusil arme de hast. — Comme arme de *hast* il est destiné surtout à repousser les attaques de la cavalerie, et à donner des moyens de combats corps à corps aux masses d'infanterie ou aux individus isolés.

Considérations historiques. Nécessité de l'ordre mince pour l'infanterie. — La cavalerie a pendant longtemps, comme on le sait, joué le rôle principal dans les armées modernes; composée d'hommes vigoureux, exercés, et bien armés, elle n'avait pas de peine à détruire des masses d'infanterie à peine vêtues, mal armées, sans ordre, sans esprit militaire, et sans chefs pour les instruire et les guider; mais à la suite de l'affranchissement des communes, l'infanterie s'organisa, s'arma plus convenablement, et par un emploi judicieux des longues piques et des armes de jet, elle parvint à résister aux attaques de la cavalerie. Alors la tactique fut changée: au lieu de ces charges impétueuses, mais sans ordre, qui balayaient les champs de bataille, on vit la cavalerie couverte d'armures de plus en plus pesantes, s'entourer d'arbalétriers, employer d'abord les armes de jet, puis s'avancer lentement, souvent même au pas et attaquer avec de longues lances ces masses d'infanterie contre lesquelles l'expérience lui avait appris que

son choc seul serait sans effet. De son côté, l'infanterie rendit sa formation de plus en plus profonde; on vit des carrés pleins de plus de dix mille hommes. Sa formation habituelle était sur vingt ou trente de profondeur, et même bien après l'introduction des armes à feu; car au commencement du règne de Henri IV la formation sur dix rangs était la moins profonde. On employait, pour résister à la cavalerie, des piques solides et fort longues, dont une extrémité était fixée dans le sol, et l'on multiplia surtout les gens de trait; ils étaient mêlés avec les piquiers dans les gros bataillons, ou formaient de petits bataillons de flanqueurs en ordre mince, ou étaient disséminés en tirailleurs sur les flancs et sur les faces de l'ordre de bataille; et lorsque les armes à feu vinrent remplacer peu à peu les anciennes armes de jet, et forcer la cavalerie à abandonner ses armures désormais inutiles contre les projectiles du canon, l'infanterie conserva pendant longtemps encore sa formation en ordre profond pour mieux résister à la cavalerie, en augmentant toutefois de plus en plus la proportion des mousquetaires, dont le feu inspirait une véritable terreur aux troupes à cheval; mais l'artillerie se multipliant en se perfectionnant de plus en plus, il fut impossible de conserver cet ordre dans lequel les boulets faisaient des ravages affreux, et l'on en vint à l'ordre mince, qui fut adopté d'abord par Gustave-Adolphe, qui rangea les piquiers sur six rangs et les mousquetaires sur quatre.

Formation de la cavalerie : nécessité de l'ordre mince. — Quant à la cavalerie, elle conserva longtemps encore la formation en ordre profond sur huit

ou dix de hauteur. Elle employait comme moyen d'attaque ses armes de jet, le pétrinal ou le pistolet, et ne chargeait, lorsque l'occasion s'en présentait, qu'au petit trot. Ce fut Frédéric II qui changea cette tactique. Il fit charger sa cavalerie au galop, la disposa en lignes minces, étendues, dans lesquelles les cavaliers se touchaient botte à botte, et lui prescrivit l'emploi à peu près exclusif du sabre.

Considérations sur l'ordre profond. — Ainsi, à l'époque où les armes à feu étaient inconnues ou peu employées, l'expérience avait appris à l'infanterie qu'elle ne pouvait résister à la cavalerie que par la profondeur de son ordre de bataille, ses longues piques, et surtout par ses armes de jet; et c'est par l'emploi de ces moyens que les vieilles bandes espagnoles et l'infanterie suisse virent se briser devant elles tous les efforts de la chevalerie, et acquirent une réputation qui les rendit les modèles de toute l'infanterie des autres puissances de l'Europe.

L'ordre profond ne peut être employé maintenant.—Les avantages de l'ordre profond pour résister aux attaques de la cavalerie étaient tellement reconnus, que, malgré l'exemple de Frédéric II et des grands généraux du siècle de Louis XIV, on voulut encore, à la fin du siècle dernier, en faire l'ordre de bataille habituel de l'infanterie; ce fut le sujet de controverses nombreuses et intéressantes que tout le monde a lues, et même d'essais parmi lesquels je citerai ceux qui furent faits au camp de Vaussieux; et de nos jours ce système, appuyé sur une vaste érudition, a encore été proposé par un de nos généraux les plus célèbres. On trouvait à cette formation une puissance de résistance presque

absolue, et des avantages immenses pour l'attaque. Plus d'impulsion, plus de masse, et par conséquent, disait-on, en faisant l'application de ce principe de mécanique que le choc est le produit de la masse par la vitesse, plus d'intensité dans le choc! Comme si des groupes d'hommes ou de chevaux, réunis seulement par la force morale de la discipline, pouvaient se comparer aux éléments matériels, qui, par leur puissance d'agrégation, constituent les corps! Comme si l'attaque, le choc si l'on veut, de deux masses d'hommes, chez lesquels les volontés individuelles jouent un rôle si important, pouvait se comparer au choc de deux corps inanimes! Comme si surtout il était permis de faire abstraction de l'artillerie moderne, et de son action si prodigieusement destructive sur les masses! Mais l'expérience, qui vaut mieux que toutes les théories, est venue résoudre ces questions.

Le fusil, comme arme de hast seulement, sans efficacité contre une charge. Utilité réelle de la baïonnette, fort exagérée. La force de l'infanterie est dans ses feux. Nécessité d'appuyer les extrémités des lignes. Vrai motif de la formation en carré. — Maintenant c'est l'ordre mince sur trois rangs au plus qui remplace les masses profondes de l'ancienne infanterie, et c'est le fusil, armé de sa baïonnette, dont la longueur totale est de 1^{m},93, qui remplace les piques dont quelques-unes avaient plus de 6^{m}. Or, si l'on suppose pour un instant que de part et d'autre, on n'emploie pas le feu, l'expérience du passé et le bon sens indiquent que ces lignes minces, n'ayant pour toute défense qu'une arme dont la pointe s'avance tout au plus à 1^{m},30, au-devant des

hommes du premier rang, ne pourraient résister un instant à l'attaque d'une ligne de cavalerie, qui profiterait des flottements et des vides qu'on ne peut jamais empêcher tout à fait, pour la traverser, la prendre de flanc et de revers, et la détruire; et ce ne sont certes pas les baïonnettes qui s'y opposeraient, car si l'on admet que les chevaux puissent être assez entraînés pour oublier l'instinct de la conservation et se lancer en aveugles sur les fusils, les blessures, la mort même n'arrêteront pas leur impulsion, et la ligne mince d'infanterie, malgré l'emploi judicieux de son arme de main, sera nécessairement renversée par le choc résultant de leur vitesse acquise. Et si l'on prétend que l'aspect des baïonnettes seul arrêtera les chevaux quelle que soit la bravoure des cavaliers, au moins on conviendra qu'il n'en sera plus de même pour une cavalerie ayant des armes de main beaucoup plus longues que celles de l'infanterie; et que toute ligne mince d'infanterie, renonçant à son feu, sera nécessairement enfoncée par une charge de lanciers. La baïonnette peut sans doute être employée avec quelque utilité soit pour la défense, soit pour l'attaque, mais sa valeur réelle est bien plus dans la confiance qu'elle donne au soldat que dans son action physique; c'est par ses feux seuls que l'infanterie peut repousser les charges impétueuses de la cavalerie; et l'expérience de nos dernières guerres prouve, par vingt exemples, quelle est l'efficacité de ce mode de défense. Il est reconnu, dit Jomini, qu'une attaque générale de cavalerie contre une ligne en bon ordre ne saurait être tentée avec succès sans être soutenue par de l'infanterie. On exécute, dit-il encore, de pareilles

charges sur l'infanterie que l'on a déjà pu ébranler par un feu vif d'artillerie ou de toute autre manière, sauf le cas où, par suite de la pluie ou de la neige, les armes seraient mouillées et l'infanterie privée de son feu. Il est impossible de reconnaître plus formellement l'inefficacité de la baïonnette pour résister aux charges de la cavalerie. Mais pour que les feux d'infanterie aient cette puissante défensive, il faut que les lignes aient leurs extrémités solidement appuyées, car elles ne peuvent résister à une attaque de flanc ou de revers; et c'est là le motif principal de la formation de l'infanterie en carrés; elle permet de suppléer au manque d'obstacles naturels pour appuyer les extrémités d'une ligne de bataille, et de faire mouvoir ces longues lignes minces, qui, en ordre déployé, ne pourraient conserver longtemps leur ordre et leur direction. Le carré a donc pour but de donner à chaque ligne, ou aux diverses fractions d'une ligne, des flancs assurés, et non d'augmenter la puissance de résistance de l'infanterie. C'est, du reste, l'opinion de nos principaux généraux d'infanterie, et l'ordonnance de 1831 sur les manœuvres d'infanterie, résultat de l'expérience acquise pendant nos longues guerres, ne peut laisser de doute sur ce point. Dans la formation réglementaire, les faces du carré sont comme notre ordre de bataille, sur trois rangs, qu'il soit d'un seul bataillon, ou qu'il soit formé par deux ou trois bataillons, ce qui est le *maximum*. Le carré par bataillon n'a pas de réserve; le carré de deux bataillons a une division en réserve placée au centre; le carré de trois bataillons en a deux.

Ordre de bataille conservé dans les carrés.

Réserve : sa nécessité. — Ainsi on reconnaît que dans tous les cas réglementaires, des faces de carrés sur trois hommes de profondeur ont une puissance suffisante pour résister à la cavalerie ; et c'est effectivement l'ordre dans lequel les feux peuvent avoir le plus de vivacité. Dans les carrés de deux ou trois bataillons, la longueur des faces explique suffisamment la nécessité d'une réserve ; il n'y a d'exception à ce principe d'ordre mince que dans le cas où une colonne de trois bataillons, serrée en masse par divisions, n'aurait pas le temps de prendre les dispositions préparatoires pour la formation du carré ; mais alors même, l'ordre de bataille des faces est toujours sur trois de profondeur, seulement les divisions du centre sont en partie en potence sur les longues faces, et par cela même fort en prise aux feux de l'ennemi, sans rien ajouter à la puissance défensive du carré. Ainsi donc l'ordre mince, disposé de manière à donner le plus de feux possible et à faire face de tous côtés, est regardé comme suffisant pour repousser les attaques de la cavalerie, et l'expérience prouve toute son efficacité, alors même que l'infanterie, comme celle des Anglais, ne serait formée que sur deux rangs ; et certes ce n'est pas alors la baïonnette qui lui donne cette puissance défensive.

Triomphe de la force morale dans les attaques. — On cite des charges *à la baïonnette,* des positions enlevées *à la baïonnette,* etc., etc. Sans doute, il y a de nombreux exemples de lignes enfoncées, de positions enlevées par des colonnes d'attaque serrées en masse par divisions ou par bataillons, et sans faire usage de leurs feux ; mais c'est ici le triomphe de la

force morale, et certes, personne ne prétendra que le succès de ces attaques soit le résultat de combats corps à corps et de luttes à l'arme blanche.

Cas où la baïonnette est indispensable. — La baïonnette peut être d'une très-grande utilité dans l'attaque d'un retranchement, d'un village, dans un assaut; elle est indispensable pour l'homme isolé, le tirailleur, dans toutes les situations enfin où il y a des chances de combat corps à corps, mais elles sont rares dans le système de guerre actuel, et pour tous ces cas particuliers la longueur de l'arme d'hast importe assez peu; il suffit qu'elle soit à peu près aussi longue que celles qui sont employées par les autres puissances de l'Europe; or, c'est ce qui a lieu pour notre fusil armé de sa baïonnette.

Inconvénients d'exagérer la puissance du fusil comme arme d'hast. — En résumé, l'importance du fusil comme arme de main est tout à fait secondaire, et il ne pourrait acquérir la valeur qu'on lui attribue si souvent sous ce rapport, soit pour la défense, soit pour l'attaque, qu'en lui donnant une longueur tout à fait incompatible avec ses conditions principales d'arme de jet, et en modifiant l'ordre de bataille actuel, qui est la conséquence forcée de l'action du canon : cette idée exagérée, suivant nous, de l'importance du fusil comme arme de main, a d'assez graves inconvénients, en ce qu'on lui sacrifie trop souvent les avantages incontestables de l'arme de jet, en établissant comme principe de n'exécuter les feux dans tous les cas de guerre qu'avec la baïonnette au canon, ce qui est un obstacle considérable à la justesse du tir par une augmentation fatigante du poids de l'arme.

Les formes du fusil déterminées avant tout pour le tir. — Ainsi donc, c'est comme arme de jet que les formes et les dimensions du fusil doivent être déterminées, en lui conservant toutefois assez de longueur pour que, dans l'éventualité d'un choc, les baïonnettes du troisième rang puissent dépasser un peu les hommes du premier, ce qui s'obtient en modifiant la longueur de la baïonnette en sens inverse de celle du canon du fusil, de telle sorte que la longueur totale de l'arme d'hast soit d'environ 1m,95.

Voyons donc quelles sont les considérations qui déterminent les formes principales du fusil considéré uniquement comme arme de jet.

Sa longueur. — Sous le rapport de la longueur, le fusil présente deux parties principales : la monture en bois, et le canon.

Conditions qui règlent la longueur du bois. — La longueur du bois depuis le dessous de la crosse jusqu'à l'encastrement du canon n'est pas arbitraire: il faut qu'on puisse mettre en joue sans déranger beaucoup la position de la tête, et que la partie supérieure du tonnerre ne soit dans cette position ni trop près ni trop loin de l'œil, afin que la vision soit distincte, et que les gaz qui se développent par la lumière ou par l'explosion du fulminate n'aient pas d'inconvénients pour le soldat : ces motifs et d'autres encore ont déterminé cette longueur du bois à 0m,38 ; et cette dimension est tellement dans la nature des choses, que dans les vingt et quelques modèles différents qui ont été adoptés successivement depuis 1746 jusqu'à ce jour, elle est restée constamment la même.

Cette partie ainsi déterminée, la longueur du fusil ne dépend plus que de celle du canon.

Conditions qui déterminent la longueur du canon. — La condition indispensable pour le tir est qu'un homme de taille moyenne puisse facilement, sans incliner son arme, introduire la cartouche dans le canon, sans quoi le chargement en rangs serrés deviendrait sinon impossible, du moins très-difficile, et il présenterait du danger; on a voulu en outre que la longueur fût assez grande pour permettre de faire des feux de trois rangs debout : dans ce double but, on avait en 1746 fixé la longueur du canon à 44 pouces, mais on s'aperçut bientôt que ces deux conditions n'étaient pas possibles à remplir simultanément : la hauteur totale du fusil en rendait le chargement difficile pour les hommes de petite taille, et le feu de trois rangs présentait de tels inconvénients pour les hommes du 1er rang debout, qu'on y a renoncé; on a pu alors raccourcir le canon qui n'a plus maintenant que 1m,082, et le chargement est devenu assez facile même pour les voltigeurs : cette longueur du canon est tellement forcée qu'elle est à très-peu près la même dans toute l'Europe; elle varie entre 1m,04 et 1m,13. La longueur moyenne des canons de fusil des dix principales puissances de l'Europe est de 1m,08, ce qui est à très-peu près la longueur du canon de fusil français.

La longueur totale de l'arme étant ainsi fixée par des considérations indépendantes des portées, voyons ce qui détermine les autres dimensions.

Poids du fusil. Influence du recul sur le poids et la forme. — Le poids du fusil doit être compris

entre certaines limites ; il ne doit être ni trop léger, ni trop lourd.

On sait que, toutes choses égales d'ailleurs, le recul est d'autant plus fort que l'arme est plus légère, de telle sorte que si le fusil ne pesait pas plus que la balle, il prendrait la même vitesse et briserait l'épaule du soldat.

Une arme très-légère ne peut donner de grandes vitesses à la balle. — On a bien cherché à diminuer l'effet du recul contre l'épaule, et c'est une des raisons qui ont déterminé à donner une pente à la crosse : par ce moyen le recul du fusil se décompose en deux forces dont l'une agit contre l'épaule, et l'autre tend à donner au canon un mouvement de rotation de bas en haut, et à l'arracher par conséquent de la main gauche en le projetant contre la figure du soldat : de la combinaison de ces deux effets résulte une limite d'inclinaison pour les charges habituelles qu'on ne saurait dépasser sans inconvénient : et cette inclinaison est du reste déterminée par une considération non moins impérieuse, c'est la facilité de mettre en joue et de tirer à bonne hauteur dans les circonstances si fréquentes où le soldat se contente de tirer droit devant lui sans prendre le temps de viser : si l'inclinaison de la crosse est trop faible, le coup portera trop haut ; si elle est trop forte, il portera trop bas. L'intensité du recul étant ainsi limitée par la forme de l'arme, et la condition de ne pas produire de chocs douloureux contre les points d'appui, il est évident que pour une vitesse de balle donnée, il faut que l'arme ait un poids calculé de manière que l'effet du recul soit peu sensible. Ainsi, lors même que, par un

moyen quelconque, on parviendrait à augmenter d'une manière notable la vitesse initiale de la balle du fusil d'infanterie actuel, il faudrait nécessairement augmenter le poids de l'arme ; car il y a une relation nécessaire entre la puissance balistique de la charge et le poids du fusil ; et il est impossible, avec une arme très-légère, d'obtenir des vitesses considérables. Sous le rapport de la portée, il y aurait donc de l'avantage à augmenter le poids du fusil ; mais on est limité de ce côté par la force moyenne du soldat qui porte constamment son arme et qui doit pouvoir la mettre facilement en joue, position pénible où presque tout le poids du fusil agit sur le bras gauche, qui, n'ayant pas d'appui contre le corps, ne résiste que par la force musculaire. Aussi le poids du fusil a-t-il très-peu varié en France depuis 1746. Il pèse $4^k,68$. Le poids moyen des fusils d'Europe est de $5^k,03$; le plus lourd est le fusil russe qui pèse $6^k,27$; le plus léger est le fusil bavarois qui pèse $3^k,92$.

Calibre du fusil ; conséquence du poids et des dimensions. — Le poids du fusil et la longueur du canon étant ainsi fixés *à priori* par des considérations pratiques, on peut dire que le calibre en est la conséquence.

Comme nous l'avons déjà démontré, il y a avantage pour la justesse du tir, les vitesses initiales étant les mêmes, à employer les projectiles les plus gros : cela est confirmé pour le fusil par les expériences les plus décisives : la perte de vitesse est aussi moins grande pour les grosses balles que pour les petites ; cela est constaté par le tableau suivant qui donne les pénétrations des balles des fusils français

et étrangers dans une planche de sapin placée à une distance de 300 mètres de l'arme.

Tableau de la pénétration des balles.

FUSILS.	POIDS DE L'ARME.	POIDS DE LA BALLE.	PÉNÉTRATION.
	Kilogrammes.	Grammes.	Mètres.
Anglais.	5,27	31,5	0,057
Suédois.	5,31	30	0,055
Autrichiens. . .	4,80	27	0,049
Prussiens. . . .	5,02	27	0,049
Français	4,68	25,6	0,040

Avantage des grosses balles : limite de grosseur qu'on ne peut dépasser. — On voit donc que sous le rapport de la vitesse conservée, et par conséquent de la portée, il y a un très-grand avantage à employer de grosses balles : et cela a en outre une utilité pratique fort importante à l'armée, c'est de permettre d'utiliser les cartouches des puissances qui ont des armes d'un plus faible calibre. Remarquons ici que les quatre fusils étrangers dont la balle est plus pesante que celle du fusil français sont tous plus pesants que le nôtre ; et cela doit être en effet ; car il est évident que si l'on veut augmenter le poids de la balle, il faudra en même temps augmenter la charge, sans quoi la vitesse initiale serait diminuée; le recul sera donc augmenté, ce qui nécessite, comme nous l'avons démontré, que le poids de l'arme soit aug-

menté. Indépendamment de cette considération si importante du recul, il est clair que si on augmente la charge ou son intensité par une modification de la poudre, il faudra aussi augmenter l'épaisseur du canon de manière qu'il ait toujours la ténacité nécessaire pour résister à la force élastique développée par les gaz. L'épaisseur du canon du fusil français est établie de telle sorte qu'il puisse résister à l'explosion d'une double charge dans le cas où le soldat troublé mettrait deux cartouches successivement dans son fusil; cette condition doit toujours être remplie. Le poids du canon sera donc augmenté, son diamètre extérieur sera plus grand, et par suite le bois de la monture aura de plus fortes dimensions et plus de poids. Il y a donc une relation nécessaire entre les vitesses initiales, le diamètre du canon et le poids total de l'arme, la longueur restant constante ; et comme il y a nécessité de ne pas augmenter le poids du fusil au delà des limites indiquées par l'expérience, et de donner à la balle une vitesse initiale égale à peu près à celle des balles des fusils des autres puissances, il est évident que le calibre ne peut être modifié que de quantités très-minimes. Le calibre moyen des fusils en Europe est de 18^{mm},35. Ils sont compris entre 17^{mm},50 (Saxe) et 19^{mm},50 (Angleterre). Le calibre du nouveau fusil français est de 18^{mm}.

Avantages d'une poudre plus forte très-contestables. — Ainsi donc les principales dimensions du fusil sont déterminées par des considérations pratiques impérieuses, et elles ne peuvent osciller qu'entre des limites fort resserrées. Les avantages d'une poudre plus forte pour le fusil que la poudre actuelle sont

fort contestables, si l'on a pour but d'augmenter les vitesses initiales et par suite les portées, puisqu'il faudrait par cela même augmenter les dimensions et le poids du fusil, ce qui est à peu près impossible, comme nous venons de le prouver; le seul avantage d'une poudre plus forte se réduirait donc à une légère économie sur le poids de la charge actuelle, avantage bien faible comparé à l'inconvénient d'avoir à l'armée deux poudres d'effets balistiques trop différents, et qui, par cela même, ne pourraient pas servir au besoin pour toutes les armes.

Diamètre de la balle. — Le calibre du fusil étant déterminé, le diamètre de la balle en est la conséquence, et réciproquement le calibre dépend de la grosseur de la balle.

Nécessité du vent. Conséquence de la cartouche. — Il serait fort à désirer, sans doute, que la balle pût être du calibre exact du fusil; mais cela est impossible pour les armes de guerre ordinaires : deux causes s'y opposent. Le système actuel des cartouches adopté dans toute l'Europe, dans lequel la poudre et la balle sont réunies et renfermées dans une enveloppe en papier : c'est une invention due à Gustave-Adolphe, et dont l'expérience a démontré les nombreux avantages; il faut donc que le diamètre de la balle soit tel, qu'enveloppée de deux révolutions de papier, elle puisse entrer facilement dans le canon.

Encrassement, sa cause, ses conséquences. — Le second motif qui force de donner à la balle un diamètre plus faible que le calibre, est l'encrassement très-rapide du canon qui est la conséquence d'un tir suivi. Les gaz de la poudre se trouvant, au moment

de l'explosion, en contact avec les parois du canon dont la température est beaucoup moins élevée, une partie se condense, le canon est humide, et la charge du coup suivant n'arrive pas en entier au fond de l'arme. De là résulte l'encrassement qui augmente avec le nombre de coups tirés, et dépend en outre de diverses autres circonstances, telles que la grosseur, la forme, le poli, la porosité des grains de poudre, l'état de la surface intérieure du canon, etc., etc. Le résultat de l'encrassement est de diminuer le diamètre intérieur de l'arme de manière à empêcher d'y faire entrer la balle après un nombre de coups plus ou moins considérable, et à forcer, par conséquent, de suspendre le tir pour nettoyer le canon par le lavage.

Détermination du vent de la balle d'après le but que l'on se propose.—Il est donc indispensable, dans le chargement par la bouche qui est le seul dont nous nous occupons, que le diamètre de la balle soit plus faible que celui du canon; cette différence entre les deux diamètres, ce *vent de la balle,* doit être déterminé, toutes choses égales d'ailleurs, par le but que l'on se propose. On sait qu'on augmente la justesse et la portée en diminuant le vent; mais en même temps, on réduit d'autant plus le nombre de coups que l'on peut tirer de suite; c'est une compensation à établir et pour laquelle on ne peut se régler que sur l'expérience. En France on veut pouvoir tirer cinquante coups de suite sans être obligé de nettoyer le canon; c'est le nombre de cartouches que porte le soldat sur lui un jour de combat. Après de nombreuses expériences, il a été reconnu qu'avec la poudre

ordinaire des pilons, et la charge de 8 grammes, il suffit de donner à la balle un vent d'un millimètre pour obtenir ce résultat; c'est le principe admis pour le dernier modèle.

Le vent de la balle est un peu plus grand chez toutes les autres puissances de l'Europe, presque partout il est d'un millimètre et demi; et remarquons ici que les Anglais, dont le feu est si vif et si meurtrier, sont ceux qui donnent le plus de vent à la balle : il est de 2 millimètres.

En général le principe de rendre le chargement le plus facile possible, paraît avoir prévalu.

Les dimensions du fusil actuel ne peuvent être modifiées que de quantités très-minimes. — D'après ce qui précède, nous voyons que les dimensions du fusil, sous le rapport du tir, sont tellement fixées par la nature même de l'arme, qu'elles ne peuvent être modifiées que de quantités trop minimes pour que l'on puisse en attendre une amélioration sensible des portées ou de la justesse. Pour obtenir ce double résultat, s'il est possible, c'est donc à un autre système d'arme qu'il faut le demander; mais voyons avant tout quelle serait l'utilité de changer ainsi le fusil actuel dont la bonté a été constatée par tant d'épreuves et par l'expérience des nombreuses guerres de notre époque.

Valeur réelle du fusil comparée aux résulats obtenus à l'armée. — La première chose est évidemment de comparer la valeur réelle du fusil sous le rapport du tir, à sa valeur pratique. Quels résultats a-t-on obtenus sur les champs de bataille avec le fusil d'infanterie, quels résultats aurait-on dû obte-

nir? voilà toute la question : car à quoi bon s'occuper de l'amélioration d'une arme, si l'on ne sait pas utiliser les qualités qu'elle possède?

Opinions des anciens auteurs militaires. — Longtemps après l'introduction des armes à feu, à l'époque où elles avaient déjà reçu un certain perfectionnement, on avait été frappé de la faible proportion de projectiles qui atteignaient l'ennemi. Montaigne, qui écrivait vers 1560, s'appuyait sur ce fait pour proposer d'en revenir aux anciennes armes de jet. Les armes à feu sont, dit-il, de si peu d'effet, sauf l'étonnement des oreilles à quoi chacun est désormais apprivoisé, que j'espère qu'on en quittera bientôt l'usage.

Guibert, dans son essai de tactique publié en 1772, époque à laquelle le fusil avait à peu près acquis toute sa perfection, après une discussion dans laquelle il démontre l'absurdité du tir trop précipité, s'exprime ainsi : « Faut-il s'étonner, dit-il, si les feux de mous-« queterie sont si méprisables, et si, dans une bataille, « il y a 500,000 coups de fusil tirés sans qu'il reste « 2000 morts sur le champ de bataille? »

Proportion des coups qui atteignent. — M. le général Gassendi estime que sur 3000 coups de fusil tirés, une seule balle atteint l'ennemi ; mais d'après le major Decker et M. le colonel Piobert, la proportion serait bien plus faible encore. On a estimé, dit ce dernier, d'après le résultat de longues guerres, que, sur dix mille coups de fusil tirés à l'armée une seule balle a atteint l'ennemi (cours d'artillerie). Quelle faible proportion ! et quelle est l'influence du manque de justesse de l'arme en elle-même sur un tir si défectueux!

On prescrit généralement de ne commencer le feu de l'infanterie qu'à des distances assez rapprochées : Guibert voudrait que l'on ne tirât pas au delà de 160 mètres.

Avec l'ancien fusil armé de sa baïonnette, ainsi qu'on l'emploie constamment à l'armée, on ne donne de règles de pointage que jusqu'à 200 mètres; c'est la distance prescrite comme la limite du tir à la cible, et qui a fait déterminer l'étendue du champ de tir dans les écoles régimentaires. La longueur de la ligne de défense des fortifications, qui sert de base au tracé du système actuel, est fixée à 240 mètres, distance à laquelle on a regardé que le feu d'infanterie avait encore assez d'efficacité et où le fusil de rempart est très-meurtrier; enfin avec la hausse nouvellement mise en essai, on peut viser sur l'homme à 225 mètres, et l'on donne les moyens de viser jusqu'à 400 mètres; mais au delà le tir est sans utilité, la balle n'ayant plus assez de vitesse pour produire généralement des blessures dangereuses.

Ainsi donc, avec le fusil sans hausse, on ne devrait pas tirer au delà de 200 mètres, et pas au delà de 225 mètres avec le fusil à percussion, puisqu'on n'a aucun moyen de viser pour des distances plus considérables que par l'estimation des hauteurs au-dessus de l'objet.

Tir d'expérience fait avec l'ancien fusil. — Quoi qu'il en soit, comparons le tir tel qu'il a lieu à l'armée, avec un tir d'expérience fait avec l'ancien fusil sur un but en planches de 32 mètres de longueur sur $1^{m},90$ de hauteur, et présentant à peu près le front d'une division d'infanterie. A cause des trois

rangs dont les hommes ne se couvrent jamais parfaitement, et des serre-files, nous n'avons pas égard aux intervalles qui se trouvent entre les hommes du front, et nous admettons que toute balle qui porte dans la cible frapperait un homme.

Si le terrain en avant du but est uni, on trouve, en comptant les balles qui frappent directement, et celles qui n'atteignent qu'après avoir ricoché, que sur 100 balles il y en a :

à	78 mètres,	75	qui touchent le but,
à	157 —	50	—
à	235 —	27	—
à	400 —	14	—

sur un terrain très-inégal, ou en ne tenant pas compte des balles qui ont ricoché, on trouve que sur 100 il y en a :

à	78 mètres,	67	qui frappent le but,
à	157 —	38	—
à	235 —	17	—
à	400 —	5	—

Tir sur des tirailleurs. — Quant au tir sur des troupes disposées en tirailleurs, il est assez facile d'établir son effet probable. On sait que, pour les tirailleurs *ordinaires,* on prescrit de couvrir le front d'un bataillon par un de ses pelotons dispersé en tirailleurs. Les deux premiers rangs seuls fournissent les tirailleurs, le troisième forme la réserve : l'homme du second rang est placé à hauteur et à gauche de celui du premier ; il résulte de cette formation que la ligne de tirailleurs présente au feu de l'ennemi une surface qui est le quart de la surface de la ligne de bataille, et que, par conséquent, la probabilité d'at-

teindre un homme dans cet ordre dispersé est le quart de la probabilité de frapper une ligne contiguë : à une distance de 200 mètres, il y aurait donc 7 à 8 balles sur 100 qui atteindraient un tirailleur dans l'étendue d'une division.

Tir sur une homme isolé. — Si l'on examine quelles sont les probabilités de frapper un homme isolé, on trouve, d'après le même tir d'expérience, qu'un but de même surface à peu près est touché par 4 balles sur 100 à la distance de 250 mètres ; aux distances plus rapprochées, la chance d'atteindre augmente très-rapidement.

On voit quelle énorme différence il y a entre ces résultats d'épreuves et ceux du tir à l'armée.

Tir du fusil à percussion bien plus efficace.— Nous avons dû donner les résultats obtenus avec l'ancien fusil, puisque nous voulions les comparer avec ceux du tir à l'armée tel qu'il a eu lieu pendant les guerres de la révolution et de l'empire ; mais le nouveau fusil à percussion avec hausse donne un tir bien plus avantageux. D'après l'école de tir de Vincennes, voici quel est le nombre de balles qui touchent de plein fouet une cible ayant la surface d'une division d'infanterie :

à 100	mètres,	98	balles sur 100.
à 150	—	78	—
à 200	—	56	—
à 300	—	22	—
à 400	—	9	—

Motifs de sa plus grande justesse. — Cette supériorité de justesse du nouveau fusil est due à la diminution du canal de la lumière, à la réduction du vent

de la balle, à l'augmentation de son poids, à celle du calibre, et à l'adoption de la hausse.

Justesse avec des tireurs choisis. — Avec des tireurs de choix, on peut même obtenir une justesse beaucoup plus grande; ainsi, en tirant sur une cible de la surface à peu près d'un homme, on a mis :

à 100 mètres,	55 balles sur 100,
à 150	35 —
à 175 —	22 —
etc.	etc.

et à 500 mètres 12 balles sur 100 dans une cible de la surface de quatre hommes.

Certes, si toute cette justesse de tir du fusil était utilisée à l'armée, les feux de l'infanterie acquerraient une puissance pour ainsi dire irrésistible.

Différences entre le tir à l'armée est le tir sur une cible. — Sans doute, sur un champ de bataille, les hommes ne présentent pas une surface exposée au feu comme une cible dans un champ de tir; on profite des accidents de terrain, des arbres, des murs, etc., etc., pour se dérober, autant que possible, aux vues de l'ennemi; mais remarquons que, dans nos calculs, nous avons fait abstraction de la profondeur des lignes et de leur étendue au delà du front d'une division, circonstances qui augmentent considérablement la probabilité d'atteindre, et que nous n'avons pas considéré le tir à très-petite distance sur des colonnes d'attaque en ordre profond, et sur la cavalerie, qui présente bien plus de surface que l'infanterie : aussi doit-on regarder comme constant que, si l'on utilisait toute la justesse de tir que possède le fusil actuel, ce n'est plus une balle sur 10,000

qui atteindrait l'ennemi, mais 500 ou 600 au moins.

Causes du peu d'efficacité des feux à l'armée. — Il est évident que cette inefficacité bien constatée du tir à l'armée provient de causes indépendantes de l'arme en elle-même, et qu'une augmentation de portée et de justesse ne pourrait avoir qu'une très-faible influence sur les résultats.

Les deux causes principales du peu d'effet des feux de l'infanterie sont la trop grande distance à laquelle on tire très-souvent, et la difficulté, pour ne pas dire l'impossibilité, de viser dans laquelle on se trouve généralement.

On tire à de trop grandes distances. — Tous les écrivains militaires sont unanimes pour recommander de ne pas commencer le feu de l'infanterie à de trop grandes distances de l'ennemi. En général, on prescrit de ne pas tirer à plus de 160 mètres ; mais l'expérience de la guerre montre qu'il est à peu près impossible de se régler sur cette limite, et d'empêcher de tirer à des distances beaucoup plus considérables, et même au delà de celle où la balle n'a plus assez de vitesse pour faire des blessures dangereuses (450 mètres). C'est la conséquence d'une puissance morale que négligent trop souvent les faiseurs de théories, mais à laquelle doivent avoir égard avant tout les hommes pratiques. L'instinct de la conservation finit souvent par dominer la discipline, et il est bien difficile que des hommes qui ont entre les mains leurs fusils chargés, restent immobiles, l'arme au bras, sous le feu de l'ennemi, sans chercher à y répondre. On n'a que trop d'exemples, dans nos dernières guerres, de colonnes d'attaque qui ont échoué en employant leurs

feux malgré toutes les prescriptions de la tactique et les ordres de leurs chefs. Bien plus, il y a des circonstances où les chefs eux-mêmes, pour occuper le soldat, et raffermir par le mouvement et le bruit son moral ébranlé, commandent le feu à des distances où ils savent fort bien qu'il sera sans efficacité. C'est donc un fait bien établi qu'il est à peu près impossible d'obtenir à l'armée que l'on n'exécute pas les feux bien au delà des distances fixées par les règlements; mais on peut s'en rapprocher plus ou moins, et c'est là une des causes de la supériorité des vieilles troupes, qui ont acquis l'expérience de la guerre, sur celles qui n'ont puisé leur instruction que dans les garnisons.

Voyons maintenant comment l'on peut viser sur un champ de bataille.

Difficulté de bien viser à l'armée. — Nous avons déjà exposé les principes du pointage en général, mais il y a une difficulté pour le fusil; c'est de maintenir la ligne de mire immobile : on a beau faire, il est impossible qu'elle n'ait pas un mouvement continuel d'oscillation autour du but, surtout avec une arme aussi lourde que le fusil d'infanterie. Toute l'adresse du tireur consiste donc à maintenir les écarts de sa ligne de mire dans les limites les plus resserrées possible, tout en appuyant peu à peu le doigt sur la gâchette jusqu'à ce que le coup parte. Dans la position *joue,* le soldat doit conserver l'immobilité la plus complète, et son feu doit le surprendre : ces principes sont incontestables.

Feux d'ensemble. Difficulté de maintenir le canon du fusil horizontal prouvée par l'expérience. — Il en résulte qu'il est à peu près impos-

sible de viser dans tous les feux d'ensemble à commandement, feux de bataillon, de peloton, etc., etc. A la vérité, ces feux que l'on admire dans les manœuvres de paix, ne sont presque jamais employés sur un champ de bataille; c'est le feu de deux rangs qui est le feu de combat : or, quoique l'on dise souvent le contraire, il présente peut-être encore plus de difficultés pour bien ajuster que les feux d'ensemble : et en effet, bien que, par le fait, chaque homme tire quand il veut, il lui est à peu près impossible d'établir exactement sa ligne de mire. En contact avec des hommes continuellement en mouvement soit pour tirer, soit pour charger leurs armes, soit pour en faire un échange avec ceux du troisième rang, entouré de nuages de fumée qui se renouvellent sans cesse, et qui lui obscurcissent la vue, comment lui serait-il possible de viser sur un but déterminé? Et si l'on ajoute à ces inconvénients ceux qui résultent des accidents du combat, des mouvements individuels qui en sont la conséquence, si l'on remarque, en outre, que lorsque le feu est engagé depuis quelques instants, les hommes du troisième rang ne se bornent plus généralement à charger les fusils pour ceux du deuxième, et qu'ils tirent eux-mêmes, malgré le danger qu'ils font courir à leurs chefs de file du premier rang, on sera d'accord que dans tout ce mouvement, dans tout ce désordre, il y a impossibilité réelle de viser avec la précision nécessaire pour obtenir un bon résultat : chaque homme charge son fusil le plus vite possible, et tire droit devant lui, et, trop souvent, par suite d'émotion ou de fatigue, sous des angles qui ne permettent pas d'obtenir des effets utiles. Et cette diffi-

culté de maintenir le canon du fusil dans une position à peu près horizontale est bien constatée dans les écoles de tir. On voit, d'après le tableau que nous avons donné plus haut, que sur 100 coups tirés aux distances de 400 à 78 mètres, sur 44 balles qui ont porté, 13 n'ont touché le but qu'après avoir ricoché. Le poids de la baïonnette tend nécessairement à faire baisser l'arme.

Voyons maintenant ce qui a lieu dans le tir exécuté par des hommes isolés.

Feux des tirailleurs : conditions auxquelles doit satisfaire leur arme. Difficulté de viser. — Considérons d'abord les tirailleurs ordinaires, c'est-à-dire les tirailleurs dans un pays de plaine, disposés sur le front ou sur les flancs d'une troupe ou d'une position, conformément aux prescriptions de l'ordonnance.

Nous avons déjà vu qu'en tirant sur le centre d'une ligne ainsi établie, la probabilité d'atteindre un homme est réduite au quart de ce qu'elle serait en tirant sur le centre de la ligne pleine.

Fusil à percussion. — A la vérité ici chaque homme a toute facilité pour viser et tirer quand il veut ; bien que le règlement prescrive aux deux hommes de la même file, qui sont seuls en tirailleurs, de se régler l'un sur l'autre pour faire feu, cet appui mutuel n'existe qu'en théorie : par le fait, chaque homme, se sentant isolé, ne compte que sur lui seul pour sa défense : aussi, il lui faut avant tout une arme qu'il puisse charger très-rapidement, avec laquelle il ait la sécurité de pouvoir tirer un grand nombre de coups de suite, et qui ait au moins autant de portée

que les fusils de l'ennemi : le tirailleur doit avoir la baïonnette au canon, c'est son seul moyen de défense lorsqu'il a fait feu ; mais c'est un obstacle à la justesse du tir, quelle que soit la perfection de l'arme, puisqu'il n'y a plus alors de but en blanc dans l'ancien fusil, et à cause de l'augmentation de poids du fusil, nouveau ou ancien modèle. Quant au pointage, il dépend principalement ici du sang-froid du soldat. En présence d'une ligne de tirailleurs qui fait feu dans toute son étendue, au milieu d'une grêle de projectiles qui sillonnent l'air dans toutes les directions, y a-t-il beaucoup de soldats qui conservent le calme nécessaire pour choisir un homme dans la ligne ennemie et le viser lentement et avec soin comme une cible dans un champ de tir ?... et n'est-il pas bien plus dans la nature de la masse des hommes de tirer rapidement devant soi et sans prendre le temps de viser, sur cette ligne crénelée de feux, et qui avec ses réserves présente presque autant de pleins que de vides ?... C'est une question qui ne peut être résolue que par l'expérience de la guerre, et dont le moral du soldat et l'intelligence des officiers sont les éléments principaux. Mais ce qu'il y a de bien remarquable, c'est qu'aux distances de 150 à 200 mètres, la probabilité de toucher un homme en tirant tout simplement au centre d'une ligne de tirailleurs, disposée comme le prescrit l'ordonnance, est au moins aussi grande que la probabilité de toucher un homme sur lequel on viserait spécialement. Pour les tirailleurs ordinaires, les avantages d'une arme de plus de justesse que le fusil actuel sont donc fort contestables.

Tir des hommes isolés ; avantage des armes

de précision. Le fusil aussi avantageux que les armes de précision dans les circonstances principales d'un combat. — Quant aux hommes réunis ou isolés, mais placés derrière des retranchements, des murs, dans des maisons, ou abrités par des arbres, des rochers, des accidents de terrain, dans toutes les positions enfin où l'on voit sans être vu, et où l'on est, au moins momentanément, en sécurité contre des attaques individuelles, il est évident que rien ne s'oppose à ce qu'ils visent avec autant de soin que dans un tir d'exercice, et que par conséquent alors la portée et la justesse de l'arme ont une très-grande importance : c'est là la vraie question des armes de précision que nous examinerons plus loin. Contentons-nous pour le moment de faire remarquer que, lors même que ces armes pourraient être adoptées pour l'armement général de l'infanterie, elles n'offriraient pas plus d'avantages que le fusil actuel dans les circonstances principales de la guerre que nous avons examinées. Bien juger les distances, ne tirer qu'à bonne portée, et viser avec soin, telles sont les conditions nécessaires du tir avec une arme quelconque, et si elles ne sont pas remplies, à quoi servira une arme plus parfaite ?

Tir d'après les principes admis. — Nous avons vu quelle est la justesse réelle du fusil d'infanterie, et combien elle est peu utilisée sur les champs de bataille ; voyons maintenant quel pourrait être le résultat du tir en se conformant aux prescriptions de la nouvelle instruction qui sont basées sur les résultats obtenus par l'école de tir de Vincennes, mais en ne commençant le feu qu'à la distance où l'on peut viser

sur l'ennemi, pour éviter l'obligation de diriger la ligne de mire plusieurs mètres au-dessus du but, ce que nous regardons comme généralement impraticable à l'armée.

La ligne de mire est déterminée par sa direction et son inclinaison. Quand on tire sur un but d'une grande étendue, comme des lignes d'infanterie ou de cavalerie, et même des colonnes d'attaque, il est assez facile de donner promptement au fusil une bonne direction ; il n'en est pas de même de l'inclinaison qui dépend de l'appréciation des distances, et qui, pour de petites variations, donne des différences de portée très-considérables ; supposons donc que l'on se contente de viser sur le centre de la ligne ennemie, et à hauteur de la tête. Puisque, à 250 mètres, en visant à $0^m,90$ au-dessus de la coiffure, on doit toucher un homme à la ceinture, il s'ensuit qu'en visant à cette distance au sommet de la coiffure, on touchera dans les jambes : ainsi donc, en commençant le feu à 250 mètres il aura toute l'efficacité désirable.

Effet possible du tir sur les colonnes d'attaque. — D'après le tir d'expérience dont nous avons donné le résultat, nous pouvons calculer l'effet du feu d'un bataillon formé en bataille sur une colonne d'attaque par divisions.

Nous supposons que le bataillon développé commence son feu à 250 mètres, et qu'il abaisse successivement sa ligne de mire à mesure que la colonne d'attaque s'avance, de manière à viser au milieu des cuisses lorsqu'elle sera à 100 mètres.

Il résulte des chiffres donnés par l'école de tir de Vincennes, que pendant ce parcours de 150 mètres,

la division qui est en tête recevra :

à 250	mètres,	38 balles sur 100,
à 200	—	56 —
à 150	—	78 —
à 100	—	98 —

en moyenne, 67 sur 100 des balles lancées contre elle.

La longueur du pas est de $0^m,65$, et la vitesse du pas accéléré de 100 par minute, soit 65 mètres par minute : il en résulte que la colonne d'attaque franchira cette distance en deux minutes et un tiers environ.

Pendant ce temps elle recevra le feu de deux rangs d'un bataillon de 256 files, c'est-à-dire le feu de 512 hommes, qui tirent facilement trois coups par minute, à l'aide surtout du troisième rang : c'est donc 3584 balles qui seraient lancées sur la tête de la colonne, et dont 67 pour 100, c'est-à-dire 2400, porteraient ; c'est-à-dire que la colonne serait détruite, et cela sans viser pour ainsi dire et en se contentant d'abaisser peu à peu la ligne de mire.

Quant à la cavalerie, un escadron a environ 48 mètres de longueur sur une hauteur de $2^m,60$.

Un cheval lancé au galop parcourt 400 mètres par minute. Une colonne d'attaque de cavalerie par escadrons franchira les 150 mètres en un tiers de minute à peu près : il y aura pendant ce temps 512 balles lancées sur la tête de la colonne ; et comme ici la probabilité d'atteindre est au moins un tiers en sus de ce qu'elle est en tirant sur une division d'infanterie, il y aurait 80 balles sur 100, c'est-à-dire 410, qui porteraient : c'est-à-dire que la colonne d'attaque serait

complétement désorganisée, sinon détruite, et son action par le choc, si choc il y a, rendue tout à fait impossible par la désunion de ses éléments.

Aux petites distances le fusil aussi juste que la carabine.— Or, nous le demandons, peut-on désirer un feu plus meurtrier que celui que l'on peut obtenir ainsi et presque sans viser? et remarquons que nous faisons abstraction de l'effet des feux des bataillons attenants à celui sur lequel l'attaque est dirigée, feux plus ou moins obliques sans doute, mais qui n'auront pas moins beaucoup d'action sur le front et sur les flancs des colonnes, et des feux à des distances moindres que 100 mètres : or il est prouvé qu'à ces petites distances, la presque totalité des balles porte dans un but de l'étendue d'une division d'infanterie, et que, sous le rapport de la justesse, les carabines et autres armes de précision ne présentent aucun avantage sur le fusil ordinaire; ainsi, dans un tir comparatif, sur un carré de 2 mètres de côté, à une distance de 100 mètres, tous les coups ont porté avec la carabine, avec le fusil 98 balles sur 100 ont frappé la cible. Cette différence est réellement insensible; ce qui importe donc, à ces petites distances, ce n'est pas d'augmenter la justesse de l'arme, mais c'est de rendre son chargement facile et assuré; car ici, un coup de fusil de plus par homme peut amener la destruction complète d'une colonne d'attaque et décider la victoire.

Le fusil actuel réunit toutes les conditions d'une bonne arme de guerre. — Une arme simple, d'un poids modéré, d'un mécanisme peu compliqué, facile à entretenir et à réparer, facile surtout à charger ra-

pidement au milieu des préoccupations et des accidents d'un combat, permettant de tirer au moins cinquante coups de suite sans avoir besoin d'être nettoyée, tel doit être le fusil d'infanterie; et l'expérience a prouvé que le fusil actuel remplit toutes ces conditions.

Les fusils français, dit la commission nommée en 1789, sont d'un excellent service, et ne sont dégradés que par un nettoyage mal entendu et des réparations mal faites, sans quoi ils seraient pour ainsi dire éternels.

Le fusil actuel à percussion, dit la nouvelle instruction sur le tir, est une arme excellente quant à la portée, à la force de pénétration du projectile et à la facilité du chargement.

Sa solidité dans le tir est au delà de tout ce qu'on peut désirer; on a tiré plus de 25,000 coups avec des fusils pris au hasard sans les avoir mis hors de service.

La bonté des canons est constatée par les épreuves de réception qu'ils subissent dans les manufactures d'armes. Avec double cartouche on a tiré plus de cent coups de suite, sans que les canons aient été altérés; ils résistent avec trois cartouches, lorsqu'ils ont des défauts de la nature de ceux qui peuvent échapper aux visites dans les manufactures. Mais avec quatre cartouches placées régulièrement, le tir peut offrir du danger si le canon est mal soudé; il en est de même avec deux cartouches si les balles sont forcées.

Avec plus de quatre cartouches placées régulièrement, le tir n'offre plus de sûreté.

Parmi les corps étrangers que le soldat peut in-

troduire dans le canon, quelques-uns peuvent offrir du danger.

Le tire-bourre laissé sur la charge n'offre aucun danger. Un tampon, ou un bouchon de liége avec deux cartouches peuvent présenter du danger s'ils sont forcés et sans être en contact avec la charge.

Il en est de même d'une balle ou d'un lingot introduits par-dessus la charge.

La neige, la terre glaise, ou le sable en petite quantité n'offrent point de danger s'il y a contact avec la charge, mais ils peuvent être dangereux s'ils en sont séparés.

Enfin il y a des faits de résistance des canons de fusil tellement extraordinaires qu'ils doivent être signalés.

Un canon chargé avec une cartouche et rempli entièrement de glaise n'a éclaté qu'au troisième coup; l'explosion a eu lieu par la lumière.

En enfonçant deux tampons de bois avec force jusqu'au raz de la bouche, le canon n'a pas éclaté (expériences de Mutzig en 1836; résumé de M. le lieutenant-colonel Gazan, 4e numéro du *Mémorial*).

Il est prouvé par des expériences récentes, que l'on peut tirer jusqu'à 300 coups avec le fusil du dernier modèle sans être forcé de nettoyer le canon. Enfin les réparations sont faciles, et le chargement, aussi simple que possible, permet de tirer trois coups par minute.

Les avantages du fusil actuel ne doivent pas être sacrifiés à une augmentation de justesse.— Ces avantages du fusil actuel sont d'une telle importance, qu'ils doivent être regardés comme les condi-

tions premières et indispensables auxquelles doit satisfaire avant tout le fusil de guerre; et l'on ne devrait pas hésiter à leur sacrifier les avantages fort contestables d'une augmentation de portée et même de justesse, s'il n'était pas possible de les réunir dans la même arme.

CHAPITRE IV.

DES ARMES DE PRÉCISION.

Cause principale du peu de justesse du fusil. — Parmi les causes qui influent sur la justesse du tir, une des principales est le vent que l'on est obligé de donner aux projectiles, dans les armes ordinaires.

Il en résulte, ainsi que nous l'avons fait voir, une perte considérable de la force développée par la poudre, des battements dans l'intérieur du canon, une direction primitive du projectile généralement en dehors de l'axe de la bouche à feu, et un mouvement initial de rotation autour d'un axe, dans un sens et avec une vitesse qu'on ne peut déterminer *à priori*, et, par suite, des déviations souvent très-considérables dans un sens ou dans un autre, et par conséquent un tir nécessairement très-irrégulier, surtout aux grandes distances.

La suppression du vent de la balle augmente la justesse. — Ainsi donc, la suppression ou même la diminution du vent augmenterait beaucoup la justesse

du fusil, et cela est confirmé par les expériences faites à Metz, en 1817 et en 1818.

Chargement par la culasse, ses avantages. Inconvénients qui l'ont fait abandonner. Raisons qui l'avaient fait conserver pour le fusil de rempart. Il a été abandonné. — Avec des balles du calibre exact du canon, le chargement par la bouche présentant de grandes difficultés, on a essayé de l'effectuer par la culasse, moyen qui permet de ne plus limiter la longueur du canon par la condition de la taille de l'homme; on peut de cette manière obtenir un chargement très-rapide, puisque avec certaines armes construites dans ce système, la vitesse du tir a été le double de celle du fusil ordinaire; on y trouve en outre l'avantage de pouvoir charger l'arme dans toutes les positions, et même couché; mais ce procédé, employé dès l'origine des armes à feu, bien que très-perfectionné par des inventions récentes, a cependant été abandonné en France. Quelque simplicité et quelque solidité qu'on ait introduites dans les divers systèmes qui permettent d'introduire la charge par la culasse, ils présentent tous l'inconvénient d'avoir, à l'endroit du canon où les gaz ont le plus de tension, des assemblages mobiles qui exigent une grande précision, et s'encrassent trop rapidement pour pouvoir continuer longtemps à s'ajuster avec l'exactitude nécessaire; aussi ce moyen a-t-il été rejeté depuis longtemps pour toutes les armes de guerre; il n'a été conservé plus longtemps que pour le fusil de rempart, avec lequel on veut obtenir beaucoup de portée, de justesse, et une force de pénétration de la balle assez considérable : effets que l'on facilite, comme nous

l'avons fait voir, par une grande longueur du canon et par une balle plus grosse que celle du fusil; ce qui détermine des dimensions qui ne permettent pas de faire le chargement par la bouche, et un poids qui nécessite un appui pour le tir; on avait donc jugé indispensable de conserver pour cette arme le mode de chargement par la culasse, d'autant plus que le fusil de rempart, destiné spécialement à éloigner les reconnaissances ou à frapper des hommes derrière des gabions, étant conservé dans les parcs ou dans les places, les vices du système étaient diminués par la facilité des moyens d'entretien et de réparation; et cependant les inconvénients inhérents à ce mode de chargement l'ont fait abandonner même pour cette arme; c'est que, outre les difficultés du mécanisme dans toutes les armes qui se chargent par la culasse, lorsque la charge est un peu forte et la balle forcée, elle est presque toujours déformée de manière à donner un tir très-irrégulier, surtout dans les armes rayées, ainsi que cela a été constaté par l'expérience. En 1840, on a adopté un nouveau modèle de fusil de rempart bien supérieur à l'ancien, et qui se charge par la bouche; nous nous en occuperons plus loin.

Le chargement par la bouche le seul admissible jusqu'à présent. — On doit donc regarder le chargement par la bouche comme le seul admissible jusqu'à présent, pour toutes les armes de guerre, même à balles forcées.

Anciennes carabines. — Le plomb étant sensiblement compressible, on peut enfoncer par la bouche des balles de ce métal du calibre exact du canon, même lorsque son diamètre est un peu diminué par l'en-

crassement, en employant pour les chasser une forte baguette de fer et un maillet; c'est ainsi que se faisait le chargement de la carabine, modèle 1793, et c'est encore le moyen employé pour la plupart des carabines étrangères.

Nécessité de réduire la longueur du canon. — Par suite de ce mode de chargement, la longueur du canon doit être déterminée de telle sorte que l'on puisse facilement frapper avec le maillet sur l'extrémité de la baguette; elle sera donc beaucoup moindre que celle du canon du fusil ordinaire, condition qui seule empêcherait d'adopter cette arme pour la masse de l'infanterie : la longueur de canon des diverses carabines française et étrangère de ce système est comprise entre $0^m,85$ (Angleterre), et $0^m,43$ (Prusse). La carabine de Versailles avait un canon de $0^m,65$ de longueur.

Nécessité de réduire la charge. La carabine ordinaire a moins de portée que le fusil. — La balle étant forcée, il n'y a plus de perte de force motrice due au vent; par suite, on a été forcé de réduire la charge. Une charge égale à celle du fusil produirait un recul impossible à supporter, et nécessiterait une augmentation considérable d'épaisseur du canon, pour qu'il pût résister à la tension des gaz : on la détermine par l'expérience; mais ce qu'il importe d'observer, c'est qu'en partant de la condition indispensable à remplir, d'un recul qui ne surpasse pas celui du fusil, ces carabines auront nécessairement moins de portée que ce dernier, puisque leur canon est plus court, leur poids moindre (compris entre $2^k,91$ (Prusse), et $4^k,46$ (Allemagne), et que la balle est retardée par son frot-

tement dans l'âme. On peut même avancer que pour le même fusil, et avec la même balle sphérique, la balle forcée aura moins de portée que la balle libre, puisque par suite du frottement à surmonter, qui peut être très-considérable, la même force motrice lui donnera nécessairement moins de vitesse initiale qu'à la balle libre, et cela est confirmé par l'expérience.

Effets de l'encrassement, utilité des rayures. Inconvénient des rayures droites pour la justesse. — Bien que l'on ait soin généralement d'envelopper la balle d'un morceau d'étoffe graissée, appelé *calepin,* pour la faire glisser plus rapidement et pour nettoyer en même temps le canon ; cependant, au bout d'un petit nombre de coups, l'encrassement empêche la balle de descendre jusque sur la charge. Pour obvier à ce grave inconvénient, on a imaginé de creuser des cannelures dans toute la longueur du canon, suivant la direction des arêtes; la crasse se loge dans ces rayures, et la balle, forcée de les suivre, ne prend pas de mouvement de rotation à l'origine de son mouvement; c'est, comme on l'a vu, une des conditions de la justesse du tir dans le cas général; mais comme, par suite de son mouvement dans les rayures, la balle est déformée, elle prend d'autant plus facilement le second mouvement gyratoire, qui est dû à la résistance de l'air; aussi l'expérience prouve que la carabine à rayures droites ne présente d'avantages, relativement à la justesse, sur la carabine à canon lisse, que pour le tir à petites distances.

Rayures inclinées, leurs avantages. — Pour éviter ces déviations de la balle, qui sont dues au mouvement

de rotation qu'elle prend pendant son trajet, et dont on ne peut connaître ni le sens ni l'intensité, on a cherché à lui donner une rotation à l'origine de son mouvement, qui soit favorable à la justesse du tir; pour cela, on a incliné plus ou moins les rayures : alors la balle, forcée de les suivre, prend nécessairement un mouvement de rotation autour du diamètre qui se confond avec l'axe du canon; or, comme la balle est à très-peu près sphérique, son mouvement est stable pendant toute la durée de son trajet, et dans le tir sous les petits angles, elle est dans les conditions que M. Poisson a démontré être les plus favorables à la justesse.

Preuves du mouvement gyratoire de la balle et de sa stabilité — De nombreuses expériences prouvent que les canons ainsi rayés en hélice ont un avantage constant de justesse à toutes les distances sur les canons lisses et les canons à rayures droites; aussi a-t-on renoncé à ces derniers. On a vérifié aussi que la balle frappe le but par sa partie antérieure, que sa surface porte la trace des rayures, et qu'elle prend un mouvement de rotation ; ce que l'on prouve en tirant à travers un sac rempli d'étoupes, ou sur des cibles en papier, placées l'une derrière l'autre, après avoir fait une entaille latérale à la balle, ou en tirant la nuit avec des balles portant une petite mèche d'artifice que l'on voit très-bien tourner; c'est la confirmation de la théorie en ce qui concerne son mouvement de rotation et la stabilité de ce mouvement.

Connaissant par expérience la vitesse initiale de la balle, la longueur du canon et le pas des hélices, il

est très-facile de déterminer quelle est la vitesse de rotation de la balle.

L'inclinaison des hélices dépend de la charge. — Il est évident, toutes choses égales d'ailleurs, qu'elle sera d'autant plus grande que les rayures seront plus inclinées; mais il y a une limite à cette inclinaison qui dépend de la vitesse de translation que l'on veut donner à la balle.

Si la charge est forte et si les hélices sont très-inclinées, la balle, fortement chassée et formée d'un métal assez mou, ne suivra pas la direction des rayures, mais se découpera sur leurs saillies, et sortira du canon sensiblement déformée, sans avoir pris le mouvement de rotation qu'on voulait lui imprimer; d'un autre côté, si les hélices sont trop peu inclinées, la rotation n'aura plus l'intensité nécessaire pour s'opposer au second mouvement gyratoire, et l'on retombera plus ou moins dans l'inconvénient des rayures droites.

Il y a donc un rapport nécessaire entre les charges et l'inclinaison des hélices, et si l'on veut donner à la balle une grande vitesse initiale, comme cela est nécessaire pour les armes de guerre, l'inclinaison des hélices sera assez faible.

Nombre des hélices. Principes admis. — Le nombre des hélices a aussi de l'influence sur la justesse du tir. Il doit être moindre dans les armes chargées par la bouche, où la balle s'enfonce peu à peu en suivant leur courbure, que dans les armes chargées par la culasse, où la balle, brusquement poussée en avant, a besoin d'être plus maintenue pour ne pas les franchir en se déchirant, les autres conditions restant les

mêmes, bien entendu. Il paraît résulter d'expériences faites dans le but de déterminer le nombre des hélices, qu'il doit augmenter avec le diamètre de la balle; ainsi, d'après les tableaux donnés par M. le colonel Piobert, la balle forcée de 8 à la livre a donné plus de justesse avec 12 rayures, et la balle de 19 à la livre avec 6, la charge restant la même.

Du reste, le nombre de rayures a varié pour ainsi dire à l'infini; il y a des carabines de luxe qui ont 33 raies, on en a fait même qui en avaient jusqu'à 133. On pensait autrefois que le nombre des rayures devait être à peu près en raison inverse de la longueur des canons. Ainsi, l'ancien fusil de rempart, dont le canon a 1m,30 de longueur, et dont la balle est de 8 à la livre, a 12 rayures; la carabine, modèle 1793, dont le canon a 0m65, a 7 rayures, mais sa balle n'est que du calibre de 28 à la livre; le pistolet d'officier, modèle 1833, qui emploie la balle ordinaire, et dont le canon n'a que 0m,20, a 48 rayures; mais on a compris depuis que, pour une même inclinaison des hélices, il y avait une certaine combinaison à établir entre leur nombre, leur largeur, leur profondeur et même leur forme.

Profondeur des rayures. — Si la profondeur des hélices est faible, le vide sera bientôt rempli par la crasse, et l'avantage de ce système d'armes disparaîtra après un petit nombre de coups.

Si les cannelures sont trop profondes, la balle sera retardée dans son mouvement de translation, la tension des gaz sera plus forte, le métal du canon n'aura plus la résistance nécessaire à l'endroit des rayures et le recul sera augmenté. En outre, dans la carabine à

balle aplatie, dont nous nous occuperons plus loin, a balle ne pénétrera pas jusqu'au fond des rayures, et il restera des vides par où s'échapperont une partie des gaz de la poudre, qui réagiront sur la balle en diminuant sa portée et sa justesse; et cela est confirmé par l'expérience.

La largeur des rayures peut, jusqu'à un certain point, compenser leur nombre : ainsi, le fusil de rempart, modèle 1840, a 6 rayures dont la largeur est de 5 millimètres; elle est de 7 millimètres dans la carabine 1842, qui n'a que 4 rayures. Pour les armes qui se chargent par la bouche, on regarde comme nécessaire pour faciliter l'enfoncement de la balle, que la somme des largeurs des rayures ne soit pas supérieure à la somme des intervalles pleins qu'elles laissent entre elles.

Forme des rayures.—Enfin, la forme des rayures a aussi de l'influence sur le tir. On a fait un grand nombre d'essais; l'expérience a fait adopter définitivement les rayures rondes, avec lesquelles le tir paraît plus juste, probablement parce que, ne laissant pas de traces anguleuses sur la surface de la balle, celle-ci offre moins de résistance à l'air.

La question des rayures est, comme on le voit, fort complexe, et ne peut être résolue que par suite de nombreuses expériences; à cet égard, les archives du comité d'artillerie ne laissent rien à désirer; on pourrait même avancer que, pour tout ce qui est relatif aux hélices, il n'y a plus rien de nouveau à expérimenter; on peut, du reste, consulter à cet égard le cinquième numéro du *Mémorial d'artillerie,* où cette question est traitée avec les plus grands dévelop-

pements par M. le colonel de Poncharra, mais dans le cas seulement où la balle est sphérique.

Avec les balles allongées, la meilleure combinaison des rayures avec la forme du projectile et la charge, en vue de la justesse et de la portée, n'est pas encore déterminée : c'est l'objet d'expériences qui se font en ce moment à l'école de tir de Vincennes.

La carabine ordinaire rayée en hélice a moins de portée que le fusil. — La balle éprouvant encore plus de frottement dans les armes rayées que dans les canons lisses, il est clair qu'avec cette condition impérieuse d'un même recul maximum, elle aura moins de vitesse initiale, et par conséquent moins de portée que la même balle forcée dans un canon lisse, et cela est confirmé par l'expérience : ainsi il résulte de tirs comparatifs, exécutés dans les manufactures d'armes, que pour atteindre un but placé à diverses distances, l'angle de tir doit être plus grand pour la carabine rayée en hélice que pour la carabine à rayures droites, et plus grand pour cette dernière que pour la carabine lisse à balle forcée, toutes les autres conditions restant les mêmes. Sans doute on peut, en augmentant le poids de la carabine et en modifiant convenablement les rayures, augmenter la charge, et par suite la vitesse initiale de la balle, et c'est ainsi que l'on est parvenu à donner à la balle de la carabine, modèle 1842, qui pèse $4^k,605$, une vitesse initiale plus grande qu'à la balle du même poids du fusil qui pèse $4^k,245$; mais cet avantage ne s'est pas conservé pour les portées qui sont bien plus considérables pour le fusil; la forme un peu aplatie de la balle, et probablement l'impression des rayures sur sa surface,

augmentant la résistance de l'air de telle sorte, qu'à 300 mètres, l'enfoncement de la balle de la carabine dans une planche de sapin est moindre que celui de la balle du fusil ordinaire.

La justesse beaucoup supérieure à celle des autres armes. — Quant à la justesse, elle est beaucoup plus grande dans la carabine rayée en hélice que dans toutes les autres armes à balle forcée, et infiniment supérieure à celle du fusil ordinaire. Nous ne pouvons établir rigoureusement ce rapport de justesse des deux armes, qui dépend de la distance et de l'étendue du but, mais on peut avancer qu'à 250 ou 300 mètres la carabine a six fois plus de justesse que le fusil ordinaire ; cet avantage diminue avec les distances, et l'on peut établir en principe, d'après de nombreuses expériences comparatives, que la supériorité de justesse de la carabine rayée sur le fusil ordinaire est d'autant plus grande que le but est plus éloigné et a moins de surface. Lorsque le but est rapproché et étendu, le fusil a presque autant de justesse, ainsi que nous l'avons fait voir dans le chapitre précédent.

Inconvénients de la carabine courte. — La carabine courte, dont nous nous occupons, n'a été employée que pendant peu de temps dans l'armée française. Le peu de longueur de son canon, la difficulté du chargement, sa balle différente de celle du fusil, inconvénient grave à l'armée, son peu de portée, et l'impossibilité, par suite de l'emploi du maillet, d'y adapter la baïonnette et d'en faire une arme d'hast au besoin, ne permettaient pas de la donner à des corps de troupes. Pendant les guerres de la révolution, on en a armé les officiers et les sous-officiers des compagnies

de voltigeurs; mais on y a bientôt renoncé, non-seulement à cause de son peu de valeur réelle, mais parce que c'était détourner les officiers et sous-officiers des fonctions d'impulsion et de surveillance qu'ils ont à remplir sur un champ de bataille, et qui ont bien autrement d'importance que le tir plus ou moins exact qu'ils pourraient exécuter.

La carabine chargée avec le maillet ne peut être admise pour les troupes. — Ainsi donc, les conditions qui sont la conséquence nécessaire du chargement au maillet déterminent une forme de carabine qui ne peut être admise pour l'armement des troupes.

Ce qu'il fallait trouver, c'était un moyen de chargement à balle forcée par la bouche, sans maillet ni accessoires compliqués, qui permît de conserver au canon une longueur suffisante pour une arme de guerre.

Chargement à balle aplatie dû à M. Delvigne. — Ce problème a été résolu par M. Delvigne, ancien officier de la garde royale, et son idée, plus ou moins modifiée dans l'application, est la base des divers modèles d'armes de précision adoptés maintenant en France; c'est un véritable service que cet officier a rendu à l'artillerie et à son pays, et que l'on ne saurait reconnaître trop hautement.

M. Delvigne ayant remarqué que le plomb est assez facilement compressible, a imaginé de diminuer le diamètre du canon à l'emplacement de la charge, de manière à former ainsi une petite chambre dans la culasse; la poudre étant versée dans la chambre, on introduit la balle, dont le calibre est un peu plus faible que celui du canon; elle est arrêtée par le ressaut de

la chambre, et, en la refoulant fortement avec la baguette, elle s'élargit assez pour pénétrer dans les rayures : c'est ce qu'on appelle le chargement à balle aplatie.

Dans le principe, on pensait que ce mode de chargement exigeait que la balle fût séparée de la poudre, ce qui aurait nécessité l'abandon de la cartouche, inconvénient de nature à faire rejeter cette invention; mais on est parvenu depuis à conserver le principe de réunion des munitions.

Inconvénients de la chambre; moyen d'y remédier. — La balle n'étant soutenue que par le raccordement de la chambre avec l'âme, en la refoulant avec la baguette, elle pénétrait un peu dans la chambre, et se déformait ainsi très-sensiblement, au grand préjudice de la justesse du tir, ainsi que de nombreuses expériences l'ont constaté; on a remédié à cet inconvénient par l'emploi d'un petit sabot en bois ou de toute autre matière résistante, qui se trouve placé, dans le chargement, sur le ressaut de la chambre et au-dessous de la balle, qui peut être ainsi aplatie sans être déformée; d'après les expériences de 1842, l'emploi de cet accessoire a doublé la justesse de l'arme.

Le calepin diminue l'encrassement — Pour faciliter l'enfoncement de la balle, on l'enveloppe d'un calepin qui nettoie en même temps les rayures, et retarde les inconvénients déjà signalés de l'encrassement. Dans les expériences de 1841, on a pu, de cette manière, tirer jusqu'à 600 coups avec les armes rayées, sans être obligé de laver le canon.

Tels sont les principes généraux qui ont servi de base pour l'établissement des divers modèles d'armes

de précision, actuellement en service dans l'armée. Nous ne croyons pas nécessaire de faire le résumé des nombreux travaux auxquels cette question des armes de précision a donné lieu depuis 1833 jusqu'à ce jour : on peut consulter à cet égard les archives du comité d'artillerie et le *Mémorial d'artillerie*, où ils sont analysés d'une manière claire et très-intéressante. Pour le but que nous nous sommes proposé, il nous suffit d'examiner, sous le rapport du tir, les divers modèles d'armes de précision que l'expérience a fait reconnaître comme les meilleurs jusqu'à ce jour, et qui ont été adoptés par le ministre, en les comparant au fusil ordinaire.

Trois modèles d'armes à balle aplatie. — Ces modèles sont au nombre de trois :

Le fusil de rempart, dit modèle 1840;

Le fusil de rempart allégé, dit modèle 1842;

La carabine des chasseurs d'Orléans, modèle 1842.

Le fusil de rempart, modèle 1840, est destiné à la défence des places.

Le fusil de rempart 1842, est destiné aux troupes en campagne, et ne diffère du précédent que par son poids : on le donne aux sous-officiers et soldats des compagnies de carabiniers des bataillons de chasseurs d'Orléans.

La carabine 1842 sert à armer les autres compagnies.

Ces bataillons ont en outre un sabre d'une forme particulière, qui est disposé de manière à pouvoir remplacer la baïonnette qu'ils n'ont pas : il porte le nom de baïonnette-sabre.

La portée et la justesse s'excluent mutuellement. — Il

résulte, des nombreux travaux exécutés dans les diverses manufactures d'armes, en faisant varier les calibres, les rayures, les longueurs de canon, les charges, etc., etc., que dans ces armes rayées, la portée et la justesse s'excluent mutuellement dans certaines limites; et comme la portée du fusil ordinaire est plus que suffisante pour les nécessités du service de guerre, on a dû, pour les nouvelles carabines, se préoccuper avant tout de la justesse, en leur conservant, toutefois, une portée supérieure à celle des meilleures carabines étrangères (les Anglais), et en se rapprochant le plus possible de la portée vraiment utile du fusil.

Longueur du canon. — Les expériences faites dans ce double but ont établi que la longueur de canon la plus favorable à la justesse est de $0^m,76$; mais elle a été portée à $0^m,854$ pour permettre de faire les feux de deux rangs.

Charge, inclinaison des rayures.—Cette longueur de canon est à peu près la même pour les trois modèles dont nous nous occupons : tous trois portent à la culasse une hausse dont une partie est mobile; la charge est également la même pour les trois armes, et de $6^{gr},25$; enfin, l'inclinaison des rayures pour les fusils de rempart est d'un tour sur 8^m20.

Nouveau fusil de rempart, modèle 1840. *Vent des armes à balle aplatie.* — Nous avons déjà fait connaître les divers inconvénients du fusil de rempart se chargeant par la culasse; pour pouvoir obtenir du nouveau modèle une portée supérieure à celle des autres armes portatives, on lui a donné un poids assez considérable ($5^k,20$), quoique inférieur à celui du mo-

dèle 1831, et un calibre plus grand qu'aux autres fusils ($20^{mm},5$); sa balle a un vent d'un demi-millimètre, qui est le même pour toutes les armes de ce système; elle pèse $46^{gr},5$ (environ 10 à la livre); le canon a six rayures dont les largeurs sont moindres que les pleins.

Portée du fusil de rempart.—La portée utile, estimée d'après l'enfoncement de la balle dans une planche de peuplier, est de plus de 600^{m}; à 700^{m}, les balles pourraient faire des blessures dangereuses.

Justesse triple de celle de l'ancien fusil de rempart. Fusil de rempart allégé, modèle 1842.—Quant à la justesse, elle est très-supérieure à celle du fusil de rempart se chargeant par la culasse; d'après les expériences comparatives, faites sur ces deux modèles, en tirant sur une cible de 2 mètres de côté, la justesse du fusil de rempart 1840 serait triple de celle du fusil de rempart 1831, à la distance de 400 mètres : par suite de ces avantages, ce fusil a été adopté définitivement pour la défense des places. Bien qu'il puisse être tiré sans appui, comme son poids fatiguait beaucoup les hommes qui en avaient été armés en Afrique pour en faire l'essai en campagne, on l'a allégé de près de $0^{k},50$ de matière prise sur l'épaisseur du canon, les garnitures et le bois, sans rien changer du reste au modèle dit de 1840; seulement on l'a disposé de manière à pouvoir y adapter le nouveau sabre-baïonnette : c'est le fusil de rempart modèle 1842.

Carabine modèle 1842, *ses avantages.* — Comme le poids de cette arme est encore bien supérieur à celui du fusil, et assez fatigant pour les hommes, on a adopté une arme plus légère; c'est la carabine mo-

dèle 1842, son calibre est de $17^{mm},5$, et sa balle de 17^{mm}, est celle du fusil d'infanterie dernier modèle, ce qui est un avantage réel à l'armée. Le poids de l'arme sans baïonnette est de $4^{k}.60$; elle est établie, du reste, d'après les mêmes principes que les deux fusils de rempart ; seulement, le nombre des rayures est réduit à 4 au lieu de 6 ; elles sont plus larges que celles du fusil de rempart, ce qui maintient mieux la balle, et a permis, en employant la même charge, de leur donner une plus grande inclinaison : elle est d'un tour sur $7^{m},22$.

Voici le tableau comparé des quatre modèles d'armes en service, en ce qui a rapport au tir ; les chiffres sont pris dans l'*Aide-mémoire*, et dans les rapports de la commission du tir.

COMPARAISON DES QUATRE MODÈLES D'ARMES PORTATIVES.

	FUSIL 1842	REMPART 1840.	REMPART 1842.	CARABINE 1842.
Longueur du canon sans baïonnette	1m,083	0,854	0,854	0,862
Longueur de l'arme avec baïonnette	1m,935	»	1,844	
Poids de l'arme sans baïonnette	4k ,245	5k,207	4k,927	4k,606
Poids de l'arme avec baïonnette	4k ,572	»	5k,695	5k,355
Calibre du canon.	18mm	20mm,5	20mm,5	17mm,5
Diamètre de la balle.	17mm	20mm	20mm	17mm
Poids de la balle.	29gr.	46gr.,7	46gr.,7	29gr.
Charge de poudre.	8gr.	6gr.,25	6gr.,25	6gr.,25
Nombre des rayures.	»	6	6	4
Pas des rayures	»	8m,12	8m,12	6m,22
Largeur des rayures	»	3mm	7mm	7mm
Profondeur des rayures . . .	»	1/2mm	1/2mm	1/2mm

En examinant les données de ce tableau, et en y appliquant les principes que nous avons exposés, on peut avoir une idée générale de la valeur comparée des quatre fusils, sous le rapport du tir; mais comme nous ne voulons rien laisser à la théorie seule, nous allons donner des résultats d'expériences faites avec les trois armes portatives.

Pour l'appréciation de la portée utile, on a mesuré l'enfoncement de la balle à 400 mètres, dans une planche de sapin.

Pour le fusil d'infanterie, il est de . 17mm,29
Pour le fusil de rempart 1842. . . 15 ,57
Pour la carabine 1842 . . . . . 7 ,15

A 300 mètres, la balle du fusil d'infanterie traverse trois panneaux de 22 millimètres d'épaisseur, espacés de 0m,30; celle de la carabine n'en traverse que deux.

La justesse du tir est donnée par le tableau suivant :

TIR DANS UNE CIBLE DE 2 MÈTRES SUR 2 MÈTRES.

	NOMBRE DE BALLES SUR 100 qui ont touché.				
Distances	200 mètres	300 mètres	400 mètres	500 mètr.	600 mètr.
Fusil d'infanterie.	28,5	6,1	3	2	1,18
Fusil de rempart 1842	54	26,7	11	9,4	2,77
Carabine 1842 sans sabot ni calepin.	49,3	22	1,5	1,5	1
Carabine avec sabot et calepin . .		35	16	11	

Le fusil d'infanterie a plus de portée. — Comme on le voit, le fusil d'infanterie a un avantage notable de portée, et principalement sur la carabine.

Quant à la justesse, il faut distinguer le cas où l'on tire la carabine sans sabot ni calepin, et celui où l'on emploie ces deux accessoires.

Avantage de justesse pour la carabine avec une cartouche spéciale. — Dans le premier cas, l'avantage de justesse est à toutes les distances pour le fusil de rempart; et au delà de 400 mètres, la carabine a même moins de justesse que le fusil; nous en avons fait connaître la cause probable : mais avec sa cartouche spéciale, la carabine a un avantage très-sensible de justesse sur les deux autres armes, à toutes les distances : mais il résulte, d'expériences récentes, faites à Charleville, que dans ce cas, sa portée est diminuée d'une manière trop peu sensible, du reste, pour qu'on doive y avoir égard; aussi est-il bien reconnu, maintenant, que ce système d'armes rayées ne peut offrir l'avantage de justesse que l'on recherche, qu'au moyen d'une cartouche particulière, avec sabot et calepin.

Avantages de la cartouche spéciale, ses inconvénients. — Avec ce mode de chargement, l'encrassement est très-lent et beaucoup moindre que dans le fusil d'infanterie. Il résulte des expériences faites en 1841, que l'on a pu pousser le tir des armes rayées jusqu'à 600 coups sans être obligé de nettoyer les canons; mais il paraît qu'après ces 600 coups, l'emploi du sabot et du calepin avaient occasionné un enrochement remplissant la chambre, qui n'avait pas lieu, ou qui du moins était très-faible, lorsqu'on tirait sans ces accessoires.

Appréciation de la carabine et du fusil comme armes de guerre. — Quant à l'appréciation du fusil ordinaire et de la carabine comme armes de guerre, il faut se garder de se prononcer d'après la considération de justesse seulement.

Il est un autre élément de la valeur absolue du tir auquel il est indispensable d'avoir égard lorsqu'on veut comparer entre elles des armes qui doivent être employées à l'armée, c'est la vitesse du tir, vitesse qui dépend non-seulement du temps nécessaire pour effectuer le chargement proprement dit, mais de celui qu'il faut pour mettre en joue, viser, préparer les munitions, etc., pendant les divers incidents d'un tir prolongé.

Cette vitesse du tir, considérée sous le point de vue général, ne nous est pas connue pour toutes les armes dont nous nous occupons; d'après quelques officiers que nous avons consultés, le temps nécessaire pour charger la carabine à tige, dont nous parlerons plus loin, serait au temps nécessaire pour charger le fusil dans le rapport de 10 à 9; mais nous ne pouvons admettre une si forte proportion, surtout dans un tir prolongé, et nous pensons qu'en supposant les vitesses de tir des deux armes dans le rapport de 10 à 8, nous serons encore au-dessus de la réalité; nous admettons donc, que pendant le temps nécessaire pour tirer 10 coups de fusil, on ne peut tirer que 8 coups avec la carabine.

En partant de cette base, il est très-facile de comparer la carabine au fusil, sous le rapport de l'efficacité des feux.

Ainsi, nous avons établi comme résultat d'expériences, qu'à 100 mètres, en tirant sur l'étendue d'une division d'infanterie, sur 100 coups tirés, toutes les balles de carabine touchent, tandis que 98 balles de fusil seulement arrivent au but.

Mais comme pendant le temps nécessaire pour tirer

100 coups de carabine ; on pourra tirer 125 coups de fusil, il y aura 122 balles de fusil qui viendront frapper le but.

A cette distance, le fusil a donc un avantage considérable sur la carabine ; mais aux distances plus rapprochées, lorsque l'on tire sur une tête de colonne d'attaque, l'avantage d'un chargement plus rapide est énorme.

C'est du reste l'opinion de l'école de tir de Vincennes ; et voici ce qu'elle dit, après avoir comparé les deux armes dans des feux de peloton de deux rangs et de tirailleurs :

« En tenant compte de la portée, de la force de « pénétration, et surtout de l'extrême facilité du « chargement, le fusil percutant doit être préféré à « la carabine dans les feux de combat dirigés sur les « masses, et lorsqu'il s'agit de lancer en avant de son « front, dans un instant très-court, une grande quan- « tité de balles, ainsi que cela arrive souvent à la guerre « pour résister aux charges de la cavalerie.

« La carabine doit être préférée, au contraire, au « fusil d'infanterie, dans les feux de tirailleurs, où, « tirant à volonté sur les hommes isolés, on doit tout « attendre de la justesse des coups. »

Ces conclusions du rapport de la commission résolvent complétement la question de l'armement de l'infanterie en général, et ne permettent plus de proposer de remplacer le fusil actuel par une carabine à balle forcée : mais elles nous paraissent trop absolues en faveur des deux armes de précision destinées uniquement aux troupes légères.

Observations sur le jugement de la commission. Inconvénients d'avoir des armes différentes dans un bataillon. —

D'abord, il résulte de l'analyse que nous avons faite de l'état actuel de la question, que la carabine, avec sa cartouche spéciale, a l'avantage de justesse sur le fusil de rempart 1842. A la vérité, celui-ci a plus de portée; mais la commission nommée en 1841 a jugé, d'après les épreuves qu'elle a fait faire, que la balle de la carabine conservait encore assez de vitesse à 600 mètres pour mettre un homme hors de combat: or on se demande si le faible avantage de portée de fusil de rempart 1842, au delà des limites vraiment utiles, n'est pas plus que compensé par son infériorité de justesse; et si, en tout cas, cet avantage est de nature à motiver l'emploi dans le même bataillon de deux armes différentes, dont l'une a un poids véritablement fatigant pour une arme portative, et qui exigent deux balles différentes : c'est une question que doit résoudre l'infanterie, mais qui ne nous laisse, à nous, aucun doute.

La carabine ne peut remplacer le fusil dans les circonstances décisives d'un combat. — L'école de tir de Vincennes se prononce en faveur de la carabine pour l'armement des troupes destinées spécialement à combattre en tirailleurs; elle reconnaît son infériorité sur le fusil ordinaire dans les feux de combat dirigés sur des masses, etc., etc., et dans toutes les circonstances, et elles sont très-nombreuses, où la rapidité du tir a une grande importance : nous avons déjà fait voir que dans les feux à petites distances, sur une attaque en masse, le fusil a autant de justesse que les meilleures armes de précision : sa valeur dans ce cas, comme arme de jet, est donc bien supérieure à celle des carabines.

L'armement des troupes de ligne et des troupes légères doit-il être différent? — Faut-il conclure de là, que les troupes de ligne doivent être armées du fusil, et les troupes légères de la carabine? ce serait évidemment trancher la question, fort douteuse encore pour beaucoup de bons esprits, de la nécessité d'une spécialité dans l'infanterie. Veut-on, à l'imitation de plusieurs puissances étrangères dont les populations naturellement flegmatiques sont peu propres à la guerre de tirailleurs, créer des corps spéciaux de chasseurs choisis principalement parmi les habitants plus actifs des pays montagneux; ou veut-on continuer à profiter de cette vivacité et de cette intelligence du soldat français, qui le rendent égalcment propre à se battre en ligne ou en tirailleur? c'est une question très-grave et dont la solution peut avoir beaucoup d'influence sur notre avenir militaire; et peut-être, en adoptant définitivement le principe de la spécialité, serait-on un peu trop préoccupé de la nature de la guerre que nous faisons depuis quelques années en Afrique.

Quoi qu'il en soit, la carabine modèle 1842 est jusqu'à présent la meilleure arme de précision qui ait été employée à l'armée. Mais si elle a une valeur incontestable pour le tir, elle présente, sous d'autres rapports, des inconvénients qu'il importe de signaler.

Inconvénients de la carabine 1842. — Son peu de longueur et la forme de sa baïonnette rendent impossible le maniement d'armes sur trois rangs, et l'on a dû adopter la formation sur deux rangs pour les bataillons de chasseurs, bien que le reste de l'infanterie conserve la formation sur trois rangs. L'exécu-

tion habituelle des feux ne peut avoir lieu avec la baïonnette au canon, comme cela a toujours lieu à l'armée avec le fusil d'infanterie. Le poids de la carabine sans baïonnette surpasse celui du fusil; avec la baïonnette mise aux deux-armes, la différence de poids, bien plus forte encore (0^k,783), rend très-pénible la position en joue, déjà fatigante avec le fusil ordinaire.

Inconvénients de la chambre. — La chambre nécessaire dans la culasse a des inconvénients graves, soit par suite de l'enrochement déjà signalé, soit à cause des difficultés de la fabrication; en outre, comme sa capacité est réglée sur le volume de la charge adoptée maintenant, toute modification dans cette charge ou dans la force de la poudre employée habituellement, entraînera l'obligation de faire une nouvelle chambre; car si la chambre n'est pas exactement remplie par la poudre, il en résulte un vide sous la balle, qui peut, en augmentant la vitesse du projectile, rendre le recul intolérable et même annuler l'avantage des rayures.

Si la chambre est trop petite, comme cela arrive toujours lorsque l'enrochement est un peu avancé, alors une partie de la charge reste dans le canon, et la poudre, écrasée par le choc de la baguette, perdra une partie de sa force, et les résultats du tir seront très-variables.

Nécessité d'une cartouche spéciale. — En outre, cette arme exige absolument une cartouche spéciale plus difficile à fabriquer que la cartouche d'infanterie, et qui jusqu'à présent n'a pas une solidité suffisante : car des expériences récentes, sur le transport comparatif des cartouches d'infanterie et des cartouches pour les

armes rayées, ont prouvé que dans les chargements les plus favorables pour chaque espèce de munitions, le nombre des cartouches mises hors de service pour le fusil de rempart était onze fois plus grand que pour le fusil d'infanterie, et celui des cartouches pour la carabine près de cinq fois plus grand; aussi cherche-t-on à améliorer le mode de confection de ces cartouches et les moyens de transport.

Ces inconvénients d'une cartouche spéciale ont fait rechercher s'il n'y aurait pas moyen de les éviter par une modification à la carabine, qui permît de supprimer la chambre.

Suppression de la chambre; carabine à tige. — Quelle est l'utilité de la chambre? c'est de présenter à l'endroit de son raccordement avec l'âme, une surface qui arrête la balle et la force de s'aplatir sous le choc de la baguette : avec un canon ordinaire, on ne pourrait tenter d'aplatir la balle qu'en la refoulant sur la poudre, qui serait ainsi comprimée et écrasée en partie, et perdrait par cela même une grande partie de sa force : l'expérience a prouvé que ce mode de chargement ne peut être employé : ce qu'il faut donc, c'est un point d'appui solide qui puisse remplacer le rebord de la chambre.

On a imaginé, pour résoudre cette question, de visser au fond de la culasse d'une carabine sans chambre une petite tige de fer dirigée suivant l'axe du canon, et dont l'extrémité sert d'appui à la balle. Nous ne croyons pas utile d'entrer dans aucuns détails sur les formes de cette nouvelle carabine essayée en 1844 par l'école de tir de Vincennes; ils sont exposés dans son rapport au ministre; il nous suffit

de dire que son poids et ses dimensions principales sont les mêmes que ceux de la carabine 1842.

Avantages de la tige. — Des expériences nombreuses ont prouvé qu'une balle sphérique est aplatie par la tige symétriquement autour de son axe, et qu'elle n'éprouve pas ces déformations irrégulières occasionnées par la chambre lorsque l'on n'emploie pas de sabot, qui nuisent si sensiblement à la justesse du tir : aussi, avec cette nouvelle arme, le sabot, et même le calepin, ne sont plus nécessaires, et il a été prouvé que, sauf la lenteur du chargement inhérente à tout système d'armes à balle aplatie, elle pouvait être tirée avec la cartouche ordinaire d'infanterie, même en conservant la charge entière et le mode de chargement du fusil; seulement alors le nombre de coups que l'on peut tirer de suite est assez limité, et il devient presque impossible de faire entrer la cartouche après 28 coups. Mais en introduisant la balle avant le papier, comme dans le chargement de la carabine 1842, on a pu tirer jusqu'à 50 coups sans grandes difficultés.

Balle cylindro ogivale, ses avantages. — Nous avons fait voir que, dans le tir sous de petits angles, une balle de forme allongée et conique à sa partie antérieure, éprouvant beaucoup moins de résistance dans l'air qu'une balle sphérique, il était probable qu'elle aurait plus de portée que cette dernière, avec la même vitesse initiale; mais pour éviter les déviations résultant de cette forme du projectile, il faut lui donner un mouvement initial de rotation autour de l'axe passant par son sommet, qui se confond avec la ligne de tir, et déterminer sa longueur d'après sa vitesse de

translation et la courbure de la trajectoire, de manière à ce que, dans toutes les positions de la balle, la résistance de l'air ne puisse pas avoir assez d'intensité pour lui imprimer le second mouvement gyratoire dont nous avons parlé dans le chapitre Ier ; ce à quoi l'on s'opposera d'autant plus, en outre, que la vitesse de rotation primitive, déterminée par l'inclinaison des rayures, sera plus grande.

Ces diverses conditions sont complétement remplies par la balle cylindro-conique, essayée à Vincennes, en 1844, avec la nouvelle carabine à tige, et les résultats sont au delà de tout ce qu'on pouvait espérer.

Les portées bien supérieures à celles des autres carabinet. — Ainsi, avec cette balle, plus lourde que celle du fusil, et du même poids à peu près que celle du fusil de rempart, dont la partie antérieure est ogivale, et dont la longueur, après son aplatissement, est à la largeur dans le rapport de 27 à 18 à peu près, on a pu obtenir, avec une vitesse initiale qui n'est pas les trois quarts de celle de la balle de la carabine 1842 (1), et qui est plus faible que celle de la balle du fusil de rempart 1840, des portées énormément supérieures à celles de ces deux armes; de telle sorte que sous l'angle de 7° 28′, qui donne une portée de 700 mètres au fusil de rempart, la carabine à tige a une portée de 1,200 mètres!... Sous l'angle de 9° 2′ elle porte à 1,500 mètres, et à cette distance, sa balle ogivale

(1) Les vitesses initiales ont été déterminées au pendule à Vincennes, ainsi qu'il suit : Carabine à tige, 312 mètres ; fusil de rempart, 377m,94; carabine 1842, 429m,21.

traverse deux panneaux en bois de peuplier, de 0m,022, distants de 0m,50, et va faire des empreintes sur un troisième panneau, tandis que la balle du fusil de rempart ne traverse pas plus d'un panneau à 600 mètres.

La vitesse initiale beaucoup moindre. Ses avantages. — Ces portées étant obtenues avec une faible vitesse initiale, et par conséquent avec une charge (4gr,20) bien moindre que celle des autres armes rayées, on a pu augmenter beaucoup l'inclinaison des rayures; leur pas est de 1m,337; il en résulte une très-grande vitesse de rotation initiale de la balle qui, combinée avec sa faible longueur, et la forme très-tendue de la trajectoire, doit empêcher le second mouvement de rotation, et assurer la justesse; mais on peut dire qu'à cet égard les résultats ont aussi dépassé les espérances.

Résultats de justesse très-supérieurs. — Ainsi, à 500 mètres, sur un panneau carré de 2 mètres de côté, tandis qu'à tir posé, la carabine 1842, avec sabot et calepin, a donné une justesse de 11 pour 100, la carabine à tige a donné 45 pour 100; à 700 mètres, elle a quatre fois plus de justesse que le fusil de rempart 1840; et à 1,200 mètres, elle a presque autant de justesse que le fusil de rempart à 700 mètres.

Avantages d'une grande portée sous de petits angles de tir. — Cet avantage de la carabine à tige, de donner des portées considérables sous de petits angles de tir, est énorme à l'armée; car la trajectoire s'élevant peu au-dessous du sol, dans toute son étendue, les chances de frapper un homme ou un cheval dans le trajet de la balle, sont fort augmentées, et l'appréciation exacte des distances a beaucoup moins d'importance.

L'expérience prouve que les balles ogivales con-

servent leur mouvement de rotation primitif pendant toute la durée de leur trajet, durée beaucoup moindre pour les mêmes distances, ainsi que le prouvent des expériences directes, que dans les autres armes rayées; et que même à 1,500 mètres, elles frappent la cible par leur pointe.

Conclusions en faveur de la carabine à tige. — Ainsi donc, la carabine à tige, avec sa balle ogivale, réunit au plus haut degré deux conditions regardées comme exclusives l'une de l'autre dans les autres armes, la portée et la justesse; et laisse bien loin derrière elle toutes les armes de précision essayées jusqu'à ce jour. C'est une heureuse conséquence de la voie expérimentale dans laquelle on marche depuis quelque temps; car bien que les résultats auxquels on est parvenu soient très-bien expliqués par la science, et conformes aux principes que nous avons exposés, il est fort douteux que la théorie seule eût conduit à l'établissement de cette carabine, qui est véritablement une nouvelle arme de guerre.

Il restera à examiner la question pratique qui présente d'assez grandes difficultés.

Inconvénients de la carabine de ce système. — La lenteur du chargement, qui demande au moins un dixième plus de temps que celui du fusil, le peu de longueur du canon, les inconvénients de l'encrochement de la chambre, la difficulté de la bien nettoyer, la presque impossibilité de décharger l'arme avec un tire-balle, dans certaines circonstances, l'obligation d'avoir une baguette à tête fraisée suivant la forme ogivale, le poids de la balle, le peu de solidité, jusqu'à présent, des cartouches dans les transports, toutes

ces questions et beaucoup d'autres, relatives au service à l'armée, doivent être mûrement examinées : aussi, la commission, tout en faisant ressortir les nombreux avantages de cette arme sur la carabine 1842, n'en propose pas cependant l'adoption, mais elle demande seulement la continuation d'expériences propres à en bien constater la valeur.

Elle ne pourra jamais remplacer le fusil. — Mais quel que soit le résultat de ces études, et quelles que soient les améliorations qui en seront la conséquence, sous le rapport de la pratique, il est évident que les désavantages de cette nouvelle arme sur le fusil ordinaire, sous le rapport de la longueur du canon et de la facilité du chargement, seront en définitive les mêmes que pour la carabine 1842, et que par conséquent il n'est pas possible d'espérer qu'elle puisse jamais remplacer le fusil actuel pour l'armement général de l'infanterie.

Son utilité spéciale. Application du système au fusil de rempart. — Comme arme spéciale, destinée à la défense des places, ou à être employée dans certaines circonstances particulières de la guerre de campagne, on a évidemment obtenu une solution satisfaisante, et peut-être le même système appliqué à des armes plus pesantes pourrait-il donner des résultats encore plus avantageux, en rendant aux places fortes une partie de la puissance défensive qu'elles ont perdue depuis l'invention du tir à ricochet par Vauban ; c'est une très-grave question à étudier, et qui, depuis que ce travail est fait, a déjà reçu en partie la sanction de l'expérience.

M. le lieutenant général Gourgaud, président du

comité d'artillerie, a fait construire un fusil de rempart à tige, dont la balle cylindro-ogivale pèse 142 grammes, et il l'a fait essayer à Vincennes.

A 1,000 mètres, la justesse du tir a été très-remarquable, et la balle a traversé la cible et son montant, dont l'épaisseur totale était de 61 millimètres, et s'est enfoncée de 30 centimètres dans la butte.

A 100 mètres, la balle a traversé un gabion plein de terre, et trois cibles ordinaires placées en arrière.

Ces résultats sont fort importants, et il est évident que l'on est au moins sur la voie d'une solution satisfaisante.

Y a-t-il avantage à employer à l'armée des armes ayant beaucoup de portée et de justesse? — Mais comme arme portative, destinée à remplacer le fusil dans une partie de l'infanterie, nous pensons qu'avec le système de guerre actuel en Europe, les avantages de la carabine à tige peuvent être contestés : car ce ne sont pas les feux à grandes distances, quelque meurtriers qu'ils puissent être, qui auront jamais une grande influence sur les résultats d'une bataille; et aux petites distances, en tirant sur des masses, dans les moments décisifs d'un combat, la supériorité du fusil est incontestable. Quelques personnes sont préoccupées des avantages que trouverait une nation, principalement dans une guerre défensive, dans l'emploi d'une arme réunissant à la fois les avantages de la justesse à ceux d'une très-grande portée; mais c'est une idée fort controversable; car à notre époque, il n'y a pas d'invention de ce genre qu'on puisse tenir secrète, et l'arme adoptée par une puissance, si elle a une valeur réelle, le sera bientôt par toutes les autres; on se

battrait à 1,200 mètres, au lieu de se battre à 600, avec la même proportion de pertes et les mêmes résultats définitifs; et ce serait une question très-intéressante, d'examiner quelle serait l'influence d'armes de plus grande portée et de plus grande justesse que les armes actuelles, sur la tactique des combats et la guerre en général; et l'on peut penser que leur emploi ne serait favorable ni au courage d'action, ni à l'intelligence, qui ont de tout temps fait la supériorité du soldat français.

Quoi qu'il en soit, nous croyons que tout le monde sera d'accord sur ce point, que la nouvelle carabine ne pourra jamais être employée que dans des circonstances spéciales, et qu'elle ne peut pas suppléer le fusil actuel; l'amélioration du tir du fusil reste donc encore une question à étudier.

L'amélioration du tir du fusil est la question principale. — Conserver au fusil d'infanterie les propriétés qu'il possède comme arme de guerre, et lui donner la justesse de la carabine aux distances vraiment utiles, tel est le problème à résoudre : sans doute il est difficile; car il faut parvenir à réunir diverses conditions, dont quelques-unes paraissent être exclusives des autres; mais on ne peut dire cependant que l'on n'arrivera pas à une solution satisfaisante, ou du moins à une amélioration du tir.

Conditions auxquelles il faut satisfaire. — D'après la théorie et l'expérience, les conditions auxquelles on doit satisfaire pour parvenir au double résultat que nous indiquons, peuvent être résumées ainsi qu'il suit :

1° Conserver le fusil tel qu'il est, sans chambre ni

rayures, avec une balle libre, ayant un vent d'un millimètre au moins.

2° Déterminer une forme de balle qui atténue la résistance de l'air, sous des angles de tir qui ne surpassent pas 9 à 10°, et augmenter en même temps son poids.

3° Empêcher le mouvement de rotation de la balle à l'origine, ou le déterminer, s'il est possible, autour de celui de ses diamètres qui se confond avec l'axe du canon.

4° S'opposer à la déviation due à la résistance de l'air, par une forme de projectile qui ne lui permette de mouvements gyratoires que suivant la tangente à la trajectoire, comme cela a lieu par exemple pour les fusées.

Balles à clou, essais assez satisfaisants. — Il ne nous semble pas impossible que des études dirigées dans ce sens puissent conduire à une amélioration dans le tir, qui rende le fusil d'infanterie également propre aux deux genres de services pour lesquels on veut à présent deux armes différentes. Les essais faits à Vincennes avec la balle sphérique armée d'une petite tige en fer à la partie postérieure, dite *balle à clou*, paraissent assez favorables pour autoriser de nouvelles recherches sur la meilleure forme à donner à la balle.

Nous avons essayé, de notre côté, de résoudre cette question d'une autre manière.

Balles rotatives. — Il est prouvé que les balles cylindro-ogivales proposées par M. le lieutenant Minié, et employées avec la carabine à tige de M. le colonel Thouvenin, doivent leur grande portée au peu de résistance qu'elles éprouvent dans l'air, tant qu'elles se meuvent la pointe en avant.

Il est clair qu'elles conserveraient le même avantage dans le fusil, si l'on pouvait leur donner le mouvement de rotation qui rend cette position stable.

En adoptant donc la forme de la balle ogivale, telle qu'elle est après son aplatissement, il fallait trouver le moyen, sans rayures du canon, de la faire tourner autour de son grand axe.

Pour cela, j'ai pensé qu'il suffirait de transporter sur la balle les rayures qui, dans la carabine, sont tracées dans l'arme.

La rotation peut avoir lieu alors de deux manières. La poudre s'enflamme avec une très-grande rapidité, et une partie assez considérable est gazéifiée avant que le projectile, par suite de l'inertie de la matière, ait pris son mouvement de translation.

J'ai fait creuser six hélices sur la partie cylindrique de la balle, et elles ont été prolongées sur sa partie postérieure qui est terminée par une calotte sphérique, de manière à se réunir au sommet.

Elles sont inclinées au sixième sur l'axe ; leur profondeur est de 2 millim., et se réduit à 1/2 millim. à l'origine de la partie ogivale. Les rayures n'ont qu'une arrête saillante du côté vers lequel on veut que la balle tourne; le raccordement de la rayure, du côté opposé, est fait par une surface dont la courbure est assez faible.

Rotation due aux gaz de la poudre.—Les gaz, par suite de leur énorme tension, s'échappant avec une très-grande vitesse par les issues que leur laissent les rayures, dont l'inclinaison n'est plus limitée ici par la charge, comme celle des spirales dans la carabine, détermineront nécessairement la balle à tourner sur



elle-même, en même temps qu'elle prendra son mouvement de translation.

On peut objecter à cette idée, qu'en admettant que les gaz de la poudre impriment le mouvement gyratoire à la balle à l'origine de son mouvement, il sera bientôt détruit par la résistance de l'air, qui agira en sens contraire, et finira même par la faire tourner du côté opposé.

Mais cela n'est pas probable, à cause du peu de temps que le projectile met à faire son trajet, et de la stabilité démontrée du premier mouvement gyratoire; mais c'est pour répondre à cette objection que nous n'avons pas prolongé les rayures sur la partie conique, que nous diminuons leur profondeur à leur extrémité antérieure, et que nous ne leur laissons qu'une arrête saillante; il serait, du reste, facile de détruire complétement cette objection, en faisant, sur la partie conique, des rayures dans le sens opposé à celui des rayures de la partie cylindrique. Par ce moyen, la résistance de l'air concourrait, avec l'action primitive des gaz, pour faire tourner la balle dans le même sens.

Rotation due à la résistance de l'air. — Le second moyen de donner à la balle un mouvement gyratoire est d'utiliser dans ce but la résistance de l'air.

Pour cela, au lieu de tracer les hélices sur la partie cylindrique et sur la partie postérieure de la balle, je les ai fait creuser sur sa partie conique, en les prolongeant sur la moitié de la partie cylindrique seulement. La balle sortant du canon, sans rotation alors, avec une vitesse de 300 à 400 mètres par seconde, rencontre l'air qui, traversant les rayures inclinées

avec cette énorme vitesse, déterminera un mouvement de rotation autour de son grand axe.

Expériences qui prouvent la rotation des balles.—J'ai fait exécuter en cire des balles dans ces deux systèmes; montées sur des axes mobiles et posés sur des supports, j'ai vérifié qu'en soufflant avec un soufflet ordinaire suivant la direction de l'axe, soit en avant soit en arrière, le mouvement gyratoire a lieu, et même très-rapidement; et avec la balle à doubles rayures, la rotation a toujours lieu dans le même sens, soit que l'on souffle en arrière, ce qui représente l'action des gaz de la poudre, soit que l'on souffle en avant, ce qui représente l'effet de la résistance de l'air.

Ainsi donc, d'après la théorie et d'après cette petite expérience de cabinet, les balles de cette forme semblent pouvoir résoudre la question; mais il fallait voir comment elles se comporteraient dans le tir, en les comparant, bien entendu, aux balles ordinaires; car avec des balles ayant un vent d'un millimètre, on ne peut jamais espérer d'obtenir la même justesse qu'avec les balles forcées des carabines.

Expériences faites avec le fusil ordinaire. — Je n'ai pu faire qu'un très-petit nombre d'expériences, les balles rotatives que j'ai employées ayant été faites au tour et ciselées au burin, grâce à l'obligeance de l'habile directeur de l'atelier de précision, M. le chef d'escadron Burnier; je n'en ai pas eu à ma disposition autant que je l'aurais désiré; ces balles pèsent en moyenne 39 grammes.

Les balles rotatives par l'action des gaz de la poudre ne peuvent être admises. — J'ai d'abord fait essayer à Vincennes la balle rotative par l'action des gaz de la pou-

dre. La cible était de 4 mètres de côté; on a tiré à 150 mètres, avec la charge de 6 grammes. Sur trois balles, deux ont touché la cible et ont pu être recueillies; elles ont frappé de travers; elles étaient très-déformées, sensiblement allongées, et une partie des rayures était bouchée par des bavures de plomb. Il m'a paru évident que ce résultat était dû aux mouvements de la balle dans l'intérieur du canon, où elle a du jeu, et que l'on ne pourrait remédier à cet inconvénient grave qu'en employant un métal beaucoup plus dur, comme le zinc ou le fer. Comme question applicable, il n'y avait donc pas de suite à donner à cet essai, et il peut même rester du doute sur la rotation de la balle dans l'arme; mais ce n'est plus qu'une question de balistique, assez curieuse du reste, pour que l'on cherche à la résoudre d'une autre manière.

J'ai fait tirer ensuite la balle destinée à prendre son mouvement de rotation par la résistance de l'air.

La résistance de l'air fait tourner les balles.—A la même distance et avec la même charge, les trois balles ont frappé la cible par leur pointe, ainsi que cela a été constaté par les trous qu'elles ont faits, qui étaient parfaitement circulaires; et les écarts n'ont pas dépassé $0^{m},50$.

Le fusil ordinaire, à la même distance, donne des écarts extrêmes de $1^{m},70$, et la moitié seulement des balles frappent dans un cercle ayant $0^{m},75$ de rayon. (Instruction sur le tir.)

Cet effet est dû aux rayures. — J'ai fait tirer ensuite à 200 mètres; mais comme on aurait pu penser que la forme de la balle était la seule cause de sa plus grande justesse, et que les rayures n'y étaient pour rien, j'ai

fait tirer successivement cinq balles avec rayures en avant, et cinq balles de la même forme non rayées.

Sur les cinq balles rayées, trois ont touché la cible par leur pointe, à une distance moyenne de 1m,30 du but; les deux autres ont porté à 3m,30 environ du but, en dehors par conséquent de la cible, mais à hauteur.

Des cinq balles non rayées, deux ont frappé la cible de travers, les autres ont eu des déviations très-considérables.

A la même distance, les écarts extrêmes des balles du fusil sont de 3m,50, et la moitié seulement touche dans un cercle de 1m,48 de rayon.

J'ai répété la même série d'expériences à 300 mètres.

Aux premiers coups, il a été prouvé que la charge de 7 gr. était trop faible, et l'on a employé la charge de 8 gr. comme pour le fusil.

Sur cinq balles rayées, deux seulement ont atteint la cible, mais une de travers.

Aucune des balles sans rayures n'a frappé la cible; les unes ont ricoché, les autres ont passé par-dessus la butte, et toutes ont été ce qu'on appelle *des balles folles*.

A la même distance, l'écart extrême des balles de fusil est de 11 mètres, et la moitié seulement est contenue dans un cercle de 4m,30 de rayon, c'est-à-dire dans une surface quadruple environ de celle sur laquelle j'ai fait tirer.

Les balles rotatives ont plus de justesse que la balle du fusil. — Il est donc prouvé que les balles rayées ont, jusqu'à 300 mètres, plus de justesse que les balles sphériques, et qu'elles doivent cet avantage, non à

leur forme allongée, mais aux rayures qu'elles portent sur leur partie antérieure, et que, par conséquent, l'air leur imprime un mouvement gyratoire qui les maintient la pointe en avant jusqu'à 200 mètres, et quelques-unes jusqu'à 300.

Possibilité d'appliquer la rotation par l'air à certains projectiles du canon.— Ces essais, comme on voit, sont assez favorables pour en motiver de plus étendus, en faisant varier le nombre, l'inclinaison et la profondeur des rayures, ainsi que les dimensions de la balle; mais surtout ils sont suffisants pour qu'il ne reste pas de doute sur l'effet de la résistance de l'air pour déterminer un mouvement gyratoire suivant le grand axe des projectiles; et peut-être serait-il possible d'utiliser cette idée en l'appliquant à certains projectiles des grosses bouches à feu, destinées à la défense des côtes, ou à être employées dans d'autres circonstances où l'on veut obtenir une grande justesse et une grande force de pénétration, sans rien attendre du ricochet; car les mouvements de rotation dans l'intérieur des grosses bouches à feu ne semblent pas admissibles.

Nécessité d'exercer le soldat au tir du fusil. — Mais, quel que soit le résultat de ces recherches, ce qui importe avant tout, c'est de bien utiliser entre les mains du soldat toute la valeur du fusil actuel comme arme de jet, par des exercices plus fréquents de tir à la cible, exécuté avec les charges et dans toutes les circonstances du tir à l'armée; il faut, si l'on peut s'exprimer ainsi, que chaque soldat connaisse son fusil, comme chaque cavalier connaît son cheval. Et, ce qui est très-important surtout, c'est de l'habituer

à cette juste appréciation des distances sans laquelle le tir ne peut avoir d'exactitude, quelle que soit du reste la perfection de l'arme; car, ainsi que nous croyons l'avoir démontré dans tout ce qui précède, ce n'est pas tant la bonté du fusil que l'adresse et le sang-froid du soldat qui assurent les bons résultats des feux à l'armée; c'est un genre de supériorité auquel peut prétendre une nation essentiellement guerrière, et pour lequel elle a moins à craindre l'imitation que pour les modèles d'armes qu'elle emploie.

Cette importance des études sur le tir du fusil est comprise du reste par tous les militaires; et la haute direction qu'elles vont recevoir d'un prince qui réunit à la science qui éclaire, le jugement qui dirige et la pratique qui décide, ne peut laisser de doutes sur les heureux résultats que l'on obtiendra des écoles de tir, dont la création est due à l'illustre maréchal qui a su organiser l'armée, comme il a su jadis la conduire à la victoire.

CONCLUSIONS.

La question du tir des armes à feu est beaucoup plus complexe qu'on ne le pense généralement.

Elle repose à la fois sur des considérations théoriques, et sur des faits pratiques très-variés.

Sous le point de vue théorique, le mouvement des projectiles dans l'air n'a été examiné jusqu'à présent que dans le cas où ils ont une forme à peu près sphé-

rique, et en partant de suppositions qui ne sont pas généralement confirmées par l'expérience.

La science n'apprend rien d'applicable sur le mouvement des projectiles d'une forme quelconque, dont quelques-uns, dans certaines circonstances, peuvent offrir des avantages très-sensibles de portée et de justesse.

Les formules qui représentent le mouvement dans l'air des projectiles sphériques n'ont pu jusqu'à présent être exprimées en termes finis, et ce n'est qu'à l'aide de suppositions plus ou moins contestables qu'on est parvenu à les rendre applicables dans quelques cas particuliers.

La théorie mathématique du mouvement des projectiles ne comprend pas tous les éléments de la question; et les données indispensables du problème ne peuvent être déterminées rigoureusement ni par la science ni par l'expérience.

Il ne peut y avoir de tables de tir exactes, déduites de la théorie.

Il n'y a ni vitesse d'inflammation, ni force absolues de la poudre : il n'y a aucun moyen d'épreuve qui puisse donner la garantie de ses effets dans les diverses bouches à feu.

Il n'y a point de relation constante entre les charges d'une même poudre et les vitesses initiales des projectiles.

Il n'y a point de rapport connu entre les charges et les portées.

La loi de relation entre les vitesses initiales et les portées, sous le même angle de tir, est encore inconnue.

La portée des projectiles dépend de leurs vitesses initiales, de la résistance de l'air et de causes perturbatrices.

Dans les mêmes conditions pratiques, les vitesses initiales varient à chaque coup tiré.

La résistance de l'air dépend beaucoup de la surface du mobile, et l'on peut, dans certaines circonstances, compenser une faible vitesse initiale, par une forme particulière du projectile.

Pour une même forme et une même vitesse initiale du projectile la résistance de l'air n'a rien de constant.

Les causes perturbatrices qui agissent sur les projectiles sont nombreuses, variables, et ne peuvent être appréciées qu'entre certaines limites.

Il n'y a pas deux charges, du même poids ou du même volume, de la même poudre, qui soient identiques.

Il n'y a pas deux projectiles du même calibre qui soient rigoureusement pareils.

L'intérieur des bouches à feu est sensiblement modifié par suite du tir.

Il n'y a pas deux coups de la même arme qui soient tirés dans les mêmes circonstances.

Le but en blanc des diverses bouches à feu ne peut être donné que par approximation.

On ne peut obtenir une justesse absolue de tir à aucune distance lorsque le but se réduit à un point; il n'est atteint que lorsque les déviations se compensent, quelle que soit la perfection de l'arme employée.

La chance de frapper un but est d'autant plus grande qu'il a plus d'étendue et qu'il est plus rappro-

ché; elle décroît très-rapidement, si le but a peu de surface et s'il est éloigné, au point de devenir presque nulle, même dans la limite de la bonne portée des armes.

Le meilleur tireur, guidé par l'observation, ne peut obtenir que des limites d'écarts, suivant les distances et l'étendue du but.

On peut avec certaines armes diminuer les causes de déviation des projectiles, sans qu'il soit possible cependant d'obtenir un tir exact.

Les questions relatives à la portée et à la justesse sont subordonnées, dans les armes de guerre, aux conditions pratiques auxquelles elles doivent satisfaire.

Le fusil d'infanterie réunit, à un degré suffisant, toutes les conditions nécessaires à sa double destination dans le système de guerre actuel.

On n'a pu, jusqu'à présent, augmenter sa justesse et sa portée, sans lui ôter quelques-unes de ses propriétés d'arme de guerre.

Le peu d'efficacité du tir du fusil à l'armée ne doit pas être attribué au manque de justesse de l'arme en elle-même, mais aux circonstances de son emploi. On n'utilise sur un champ de bataille qu'une très-faible partie de sa valeur réelle comme arme de jet.

L'augmentation de portée n'a aucune importance réelle, et l'augmentation de justesse ne peut avoir d'influence sensible sur les résultats d'une bataille.

La carabine n'a d'utilité réelle que dans certaines circonstances pour ainsi dire exceptionnelles, et presque toujours on peut compenser l'infériorité de justesse du fusil par la rapidité du tir.

Aucune arme de précision ne peut remplacer le fusil, pour l'armement de l'infanterie en général ; et la proportion de troupes armées de la carabine doit nécessairement varier avec la nature de la guerre que l'on fait.

Le soldat doit connaître son arme, les effets du tir, les résultats qu'il peut obtenir dans les diverses circonstances de la guerre, et acquérir, par une pratique fréquente, l'habitude de juger les distances et de viser en conséquence ; mais on ne doit pas exiger une justesse absolue, que ne peuvent donner ni la perfection de l'arme ni l'adresse du pointeur ; mais une limite d'écarts, que l'expérience fait connaître, dans l'intervalle desquels l'habileté du tireur n'a généralement plus d'influence sur les résultats.

FIN.

DU

TIR DU FUSIL,

ET DES MOYENS DE RENDRE,

DANS TRÈS-PEU DE TEMPS,

TOUS LES SOLDATS,

HABILES DANS CET EXERCICE.

Donner à tous les soldats l'habitude et l'adresse dans les exercices du tir du fusil, en employant le moins possible de temps et de cartouches, tel est le but que je me suis proposé dans ce petit écrit ; mais son titre est si étrange, vu les résultats de l'instruction actuelle sur le tir du fusil, qu'il m'a fallu quelque courage pour le livrer à la publicité. D'ailleurs, on semble croire généralement si peu aux avantages, à l'utilité des exercices du tir des armes à feu portatives ; on a si souvent fait mépris de l'instruction qui les concerne ; on s'est si fréquemment complu à dire,

à répéter que le feu de l'infanterie devait être compté pour rien ; qu'il n'y avait pas une balle sur quinze cents qui atteignît l'ennemi ; que, dans je ne sais quelle campagne, chaque mort ennemi avait coûté son pesant de plomb, que le doute a dû attiédir le zèle de beaucoup d'instructeurs qui ont pu regarder aussi le manque d'adresse des soldats comme un mal incurable.

Au reste, en démontrant le plus clairement possible les diverses causes qui nuisent à l'instruction et à l'adresse des soldats, en indiquant les moyens d'y remédier, je n'ai point espéré, malgré la foi que j'ai dans les moyens que je donne, détruire immédiatement le doute, repousser toutes les objections ; mais j'aurai fait assez si j'ai pu réussir à faire porter enfin l'attention des militaires éclairés sur l'importante question des exercices du tir du fusil.

Ce qu'on ne peut nier, c'est que le bon tireur ménage ses munitions et sait attendre le moment favorable pour tirer, quand le mauvais tireur se dégarnit follement de son feu sans en calculer aucunement les chances.

Ce qu'on ne peut nier aussi, c'est que le feu de l'infanterie n'ait une portée immense, comme effet moral, pour celui qui l'envoie comme pour celui qui le reçoit.

On croit donc, quand on se bat, sinon à sa puissance positive, du moins à l'effet moral qu'il produit sur son ennemi : ne voit-on pas fréquemment le moral des soldats s'affaiblir en proportion du nombre des cartouches qui leur restent? Le moral d'une troupe est naturellement d'autant plus fort, d'autant plus assuré, que le soldat a plus de confiance dans ses moyens de défense ; quel que soit son courage, il est

donc d'une grande utilité de lui donner foi dans son adresse et dans la justesse de son arme.

Mais si le feu de l'infanterie a une portée immense comme effet moral, quand son effet matériel se réduit à utiliser une balle sur quinze cents, qu'on juge donc bien ce que serait la puissance de l'infanterie si l'on parvenait à augmenter l'effet matériel de son feu, et ce que seraient les soldats de la France. s'ils savaient unir l'adresse dans le tir du fusil aux précieuses et terribles qualités qui les distinguent à la guerre : l'ardeur, le courage et l'intelligence.

Au reste, cette guerre de tirailleurs que nous faisons depuis dix ans en Afrique a porté ses fruits ; on commence à faire moins mépris des exercices du tir du fusil. et il se trouve même un assez grand nombre d'officiers instruits qui croient à leur utilité.

Mais quand on voit les soins, le zèle de tous ces officiers pour l'instruction de leurs soldats, et le peu de résultat des exercices du tir, on est forcément conduit à penser qu'on n'est point dans le vrai pour cette instruction ; qu'il n'y a pas seulement manque d'habitude, pas insuffisance de cartouches, qu'il y a des obstacles réels qui tiennent à l'arme et à la théorie, puisque la pratique est si loin de confirmer l'utilité, les avantages de l'une et de l'autre.

En comparant les faibles résultats du tir actuel du fusil avec les longues années que le soldat passe sous les drapeaux, certes la critique pourrait avoir quelque raison d'attaquer ; mais pour être utile, pour être écoutée, il faut qu'elle soit tout à fait explicite dans ses attaques, et elle est bien loin de l'être dans la question des armes à feu et des exercices du tir du fusil.

Ainsi, sans sortir d'une sorte de vague qui rend toute censure facile, ceux-ci attaquent les armes, ceux-là la théorie; chacun semble blâmer. il est vrai, tous les exercices qui ne conduisent pas réellement à cet important résultat : *atteindre le but avec les balles;* mais personne ne donne les moyens possibles d'y parvenir. On se contente de dire : Faites des exercices à feu.

Mais qu'ont produit les exercices à feu dans les régiments d'infanterie ou de cavalerie? Je crois qu'il y aurait peu d'officiers assez courageux pour parler de leurs résultats.

L'État fournit chaque année, pour les exercices du tir du fusil, 60 cartouches par soldat d'infanterie.

Cela fait seulement, pour 250,000 hommes, la somme énorme de 15,000,000 de cartouches; mais avec le système actuel d'instruction pour le tir, on dépenserait beaucoup plus de cartouches, qu'on ne donnerait pas aux soldats une habileté bien positive dans le tir du fusil. Une véritable adresse ne peut être que le fruit d'une longue habitude, et surtout d'une habitude constamment rectifiée chez des hommes qui, pour la plupart, sont arrivés à vingt ans sans tirer un coup de fusil.

Les Corses, les Tyroliens, tous ceux enfin qu'on cite pour leur adresse dans les exercices du tir, n'acquièrent cette adresse que parce qu'ils commencent à tirer jeunes, et qu'ils joignent, à une longue habitude, des théories de tradition et les leçons de leurs anciens.

Pour instruire l'homme qui a déjà vingt ans, les difficultés sont grandes; il faut absolument qu'il soit exercé fréquemment, et que des rectifications conti-

nuelles et bien comprises rendent les exercices de la veille utiles au lendemain.

Il faut enfin que l'homme regagne, par l'habitude, ce qui lui manque en facilité; mais alors la dépense en cartouches peut devenir telle, qu'elle fera sans doute reculer l'instructeur le plus ardent, la volonté la plus intrépide.

Pour obvier à la difficulté de la dépense, il fallait donc trouver un moyen de donner aux soldats l'habitude du tir du fusil, en employant le moins de cartouches possible.

Quoique l'assertion paraisse étrange, il est certain que les exercices à feu ne sont pas d'une absolue nécessité pour faire d'habiles tireurs.

Je ne crains pas d'avancer même que, dans beaucoup de cas, et surtout dans la faible proportion où ces exercices sont établis aujourd'hui dans les différents corps de l'armée, ils sont contraires à l'instruction et au progrès des hommes.

En effet, dans le tir à balles, il y a impossibilité absolue des rectifications les plus nécessaires, les plus utiles pour former un habile tireur; c'est-à-dire, de toutes celles qui tiennent aux mouvements particuliers des mains et du corps de l'homme pendant l'action du tir.

Jamais les soldats qui commencent leur instruction sur le tir à vingt ans ne devraient faire des exercices à feu avant d'avoir été rectifiés longtemps par l'instructeur, avant d'avoir appris à rectifier eux-mêmes les fautes qu'ils peuvent commettre en tirant.

Il faut que l'habitude ait appris au soldat à tenir son corps et son arme immobiles, au moment où il

lâche la détente; et ce n'est qu'à force de lâcher la détente en visant un but, et ce n'est qu'à force de rectifications, qu'on peut arriver à un tel résultat.

Si l'on agit autrement, et c'est ce que l'on fait aujourd'hui, faute d'un moyen réel de rectification pendant l'action du tir, il y a une foule d'erreurs qui suivent l'instruction de l'exercice à feu et qui entravent plus ou moins les progrès de cette instruction, selon les habitudes que le soldat contracte dans l'exercice même du tir.

La théorie actuelle donne, il est vrai, les moyens de mettre en joue, d'ajuster un but, et de lâcher la détente; mais elle ne donne pas à l'instructeur les moyens de s'assurer d'une manière positive si le soldat met bien en joue, s'il ajuste bien et s'il lâche la détente comme il le doit : c'est-à-dire de manière à ne pas déranger l'arme de sa direction.

Le soldat arrive donc ainsi, à peu près sans rectifications, au tir à balle ; quand il y est arrivé, il met en joue, ajuste et croit naturellement avoir bien ajusté : il a fait ce qu'on lui a dit.

Mais on lui a fait observer que sa balle a porté à gauche : il recommence à tirer; les mêmes causes amenant les mêmes effets, on renouvelle l'observation qu'on vient de lui faire; c'est bien, cette fois il en tiendra compte à sa manière, il visera plus à droite. Sa balle a-t-elle porté au-dessous du but, après quelques observations il se décidera à viser au-dessus.

Ne pouvant se rendre compte des irrégularités qu'on lui fait remarquer, puisqu'on ne lui a pas appris à les remarquer lui-même, et que l'explosion et la fumée l'empêchent actuellement de les apercevoir, il prend

de fausses idées, de faux principes sur le tir de son arme; il attribue le changement de direction de la balle à l'explosion, au recul, vieille idée qui subsiste encore dans l'esprit de beaucoup de gens (1), ou bien finit par penser que son fusil est mauvais, qu'il porte à droite ou à gauche, bas ou haut.

Égaré par la pratique qui ne vient pas confirmer la théorie, le jeune soldat se livre bientôt aux conseils de ses camarades, et il arrive alors ce qui arrive aujourd'hui presque dans tous les régiments, c'est que malgré tout ce qu'on peut dire aux soldats, c'est que malgré tout ce que la théorie leur enseigne, ils visent tous à leur manière, selon le jugement qu'ils portent de leurs fusils, et cela à l'insu même des chefs qui surveillent les exercices du tir.

Et il n'y a pas alors un moyen sûr de faire revenir ces hommes aux véritables principes; il n'y a pas possibilité de leur faire remarquer qu'ils se trompent, le tir à balle empêchant toute rectification réelle.

Il résulte donc des exercices à feu actuels, un grand mal pour l'instruction des hommes et le plus grand obstable possible à leurs progrès; car, ne pouvant pas connaître et rectifier leurs défauts en multipliant les

(1) Dans l'année 1839, il y eut un duel où les témoins chargèrent les pistolets outre mesure, dans l'espérance de faire dévier les armes de la direction; mais ils ne firent que donner plus d'impulsion à la balle, et un des combattants fut tué à 40 pas. Le seul moyen d'agir sur la direction de la balle, c'est de détruire en partie la puissance de la balle en mettant peu de poudre dans le canon, et immédiatement sur cette poudre une balle qui ne soit pas du calibre de l'arme dont on se sert, puis bourrer fortement par-dessus le tout.

exercices à feu, puisque l'économie force à y mettre un terme, ne pouvant se rendre compte des effets étranges qu'on leur fait remarquer sur la cible, effets qu'ils ne peuvent empêcher quoi qu'ils fassent, les soldats finissent par n'avoir foi ni dans leur fusil, ni dans la théorie, ni dans l'instructeur.

On ne peut nier que tous les soldats qui tirent bien dans les régiments ne soient arrivés avec cette qualité; les exercices à feu ou autres, tels que la théorie les fait exécuter actuellement, n'ont pas fait un bon tireur.

S'il se trouve quelques soldats qui atteignent le but, c'est tout à fait par hasard; et la preuve, c'est qu'ils n'ont aucune certitude de le toucher de nouveau.

Au reste, dans l'hypothèse que les soldats auraient appris à bien tirer en faisant des exercices à feu fréquents, leur instruction, leurs progrès, ne viendraient pas de ce qu'ils faisaient ces exercices; mais de leur intelligence à se rectifier, de l'habitude que leur corps et leurs mains auraient prise d'être immobiles, pendant le lâcher de la détente, et de pouvoir par conséquent conserver le canon du fusil dans la direction du but au moment où le coup part.

Ce sont là les seules véritables bases de toute adresse, puisque le recul et l'explosion ne peuvent rien contre la justesse du tir, à cause de la rapidité de la sortie du projectile.

Quand on place le canon d'un fusil dans la direction d'un but, et suspendu de façon qu'il puisse être facilement agité par le recul et l'explosion, la balle n'en arrive pas moins, à chaque coup, au point sur lequel le canon était dirigé.

Le fusil, par l'action de la poudre, n'a donc pas un mouvement qui lui soit propre, et qui le fasse dévier de sa direction.

Au moment où le coup part, il n'est plus au pouvoir de personne de changer la direction de la balle; ainsi la cause qui fait mal tirer ne doit être cherchée que dans les mouvements particuliers de l'homme, mouvements qui précèdent forcément l'explosion.

Quand le soldat n'a pas encore tiré un coup de fusil, il peut y avoir une espèce d'appréhension, qui n'est pas sans influence sur les mouvements de l'homme quand il lâche la détente, et qui peut nuire à son adresse; mais on ne doit pas s'y arrêter, tant cette sorte de crainte a peu de durée.

Quel est l'homme qui a peur après avoir tiré trois coups de fusil sans avoir éprouvé de mal, sans que le recul l'ait frappé ou blessé à la joue? Ne voit-on pas des femmes, des enfants, s'habituer en très-peu de temps au bruit et au tir même des armes à feu?

Concluons: puisque le recul et l'explosion des armes à feu ne peuvent rien en général contre la justesse du tir; puisqu'il est prouvé que la cause qui fait mal tirer précède toujours le coup, on peut donc se passer en grande partie des exercices à feu, on peut aussi assurer que le manque de ces exercices n'est pas la cause du peu d'habileté de nos soldats.

L'attention des instructeurs devant donc se porter presque exclusivement sur les mouvements particuliers du soldat avant et pendant le lâcher de la détente, la plus faible intelligence doit maintenant être éclairée sur la nécessité d'une théorie nouvelle pour les exercices du tir. Cependant, si l'on pouvait admettre que

le peu de progrès de nos soldats dans les exercices du tir, vint absolument de l'arme, et non du manque d'habitude et de la mauvaise manière de s'exercer, on devrait abandonner les exercices jusqu'à ce qu'on changeât les armes; il vaudrait mieux cesser toute instruction que de tuer chez le soldat toute foi dans son arme, en montrant toujours la pratique en contradiction avec la théorie.

Les fusils de l'armée française ne sont point parfaits sans doute ; mais si l'on en dit beaucoup de mal, ce n'est guère que pour sauver la théorie d'une sorte de discrédit qu'elle mérite à quelques égards, et pour consoler la vanité du nombre immense des mauvais tireurs.

Non, les fusils de l'infanterie ne sont point mauvais; mais si on les compare aux armes qui sont dans le domaine public, telles que fusils de chasse, carabines, pistolets, etc., on est obligé de convenir que l'avantage n'est point à nos armes de guerre.

Il semble que dans la confection des armes qu'on met dans la main des soldats, on n'ait pas voulu tenir compte d'une justesse bienrigoureuse; on dirait qu'on a voulu les établir comme s'il s'agissait toujours de tirer sur des bataillons. On a trop oublié que la foi du soldat dans ses armes double son courage et son énergie dans une foule de cas, et que cette foi doit être proportionnée à la justesse de cette arme.

Qu'on prenne la première arme venue, fusil ou pistolet, qui ne soit pas arme de guerre; voyez comme l'intérêt particulier s'est ingénié pour que tout concoure au but qu'on veut atteindre.

La crosse petite permet d'ajuster avec facilité et rapidité; la détente, toujours douce, ne vous force

point à tirer d'une manière saccadée, et, par suite, à déranger le canon de la direction ; puis on a tout fait pour que la ligne de mire conserve toute sa simplicité, pour qu'elle s'étende, sans obstacle de la culasse au guidon, et du guidon au but.

Pour mieux guider l'œil, on a tracé le commencement de cette ligne de mire, si importante, en creux sur la queue de la culasse ; ou bien l'on a placé un double guidon au même endroit, de façon qu'il devient impossible de ne pas ajuster parfaitement.

Les amateurs de chasse doivent avoir plus d'intelligence que nos soldats en général ; cependant tout leur est rendu facile : on leur trace ce qu'ils ont à faire. Il serait d'une grande utilité pour la justesse du tir de faire tracer la ligne de mire d'une manière plus exacte sur la queue de la culassse de nos armes de guerre; beaucoup de soldats en ajustant font varier cette ligne sur toute la largeur de la queue de la culasse.

Qu'y a-t-il d'étonnant alors qu'ils n'atteignent pas le but?

Règle générale, il faut toujours laisser le moins possible à faire à l'intelligence des hommes, et c'est une règle qu'on semble avoir entièrement méconnue dans la confection de nos armes de guerre.

Fusils, mousquetons, pistolets, ont un ou plusieurs obstacles sur le canon, sous le nom de grenadières, capucines, embouchoirs, etc. ; ce sont de vraies difficultés pour l'intelligence du tir chez beaucoup d'hommes : bien moins, il est vrai, pour ceux qui sont armés du long fusil de l'infanterie, que pour ceux qui ont des armes courtes, comme le mousqueton et le pistolet de la cavalerie.

Les partisans de l'économie peuvent dire que toutes ces pièces. grenadières, capucines, embouchoirs, etc., sont nécessaires à la solidité, et par conséquent à la durée de l'arme; mais l'utilité ne devrait-elle pas passer avant tout?

Qu'importerait la durée d'une arme dont les balles n'atteindraient jamais le but?

D'ailleurs, les pièces précitées peuvent presque toutes être conservées; il suffirait de les modifier, et on devrait le faire au moins pour les armes de la cavalerie.

L'embouchoir du mousqueton et du pistolet pourrait être fendu, ou pourrait former une petite arcade sur le canon, de manière à laisser à la ligne de mire toute sa simplicité du tonnerre au guidon.

Les difficultés sont si grandes pour mettre en joue et ajuster, dans la cavalerie, qu'on ne devrait pas hésiter à donner aux mousquetons et pistolets tous les avantages, toutes les conditions possibles pour assurer la justesse du tir; car si l'on se plaint avec raison du tir de l'infanterie, celui de la cavalerie est absolument compté pour rien.

Les raisons que je viens d'énoncer devraient suffire pour faire armer toute la cavalerie du pistolet et du mousqueton *Delvigne,* s'il n'y avait encore un motif puissant pour faire désirer cet armement; c'est que les armes à feu de la cavalerie étant toujours placées le canon en bas, le mouvement du cheval fait tomber les balles, et que fort souvent en campagne le cavalier ne tire qu'à poudre et compromet ainsi son existence. Au contraire, avec les balles forcées de l'invention *Delvigne,* le soldat peut avoir foi dans ses armes.

En traitant des modifications et des améliorations à faire aux armes, je crois devoir parler d'un procédé qui, déjà connu de quelques amateurs de chasse, peut être d'une grande utilité pour toutes les troupes armées du fusil à piston et surtout d'armes à canons rayés, puisque pour ces dernières, lorsque le coup ne peut absolument partir, on ne peut employer le tire-balle, et qu'on est dans l'obligation de défaire la culasse, ce qui n'est pas une mince difficulté en campagne ; ce procédé a pour but de prévenir tous les ratés, et d'y remédier lorsque l'épinglette et tous les autres moyens auraient échoué.

Quelque étrange qu'il paraisse, il est sûr.

Il consiste à faire distribuer aux soldats, pour mettre dans leur giberne, une certaine quantité de petits morceaux de bois dur, de la hauteur et de la grosseur du tube de la cheminée du fusil à piston.

Si le fusil est vieux chargé, s'il pleut, si l'on craint que le fusil rate enfin, s'il a raté, le soldat enfonce avec force, dans sa cheminée, un de ces petits morceaux de bois, soit avec un objet quelconque, soit en abattant même le chien ; mais de façon que le morceau de bois bouche absolument la cheminée et soit à son niveau ; on met ensuite la capsule par-dessus.

Il n'y a pas d'exemple, dans ce cas, qu'une arme ait raté par l'effet de la poudre.

Le procédé dont je viens de parler évitera aux soldats qui ont des fusils à piston à balle forcée l'embarras de faire dévisser la culasse, et il a de plus des avantages inappréciables les jours de pluie.

Ce procédé diminue considérablement le recul dans les armes anciennement chargées, et augmente



même la portée du fusil, ce qui peut s'expliquer encore.

Le petit morceau de bois chassé par la capsule, conduit par le canal qu'il trace, en traversant entièrement la charge de poudre, tout le feu de l'amorce, et fait enflammer à la fois une plus grande quantité de poudre que par les moyens ordinaires.

Il serait fort utile aussi pour les fusils de guerre à piston, comme pour les fusils de chasse, de faire percer un petit trou d'un millimètre ou deux environ de profondeur, dans l'intérieur de la tête du chien; ce trou devrait être exactement du diamètre de l'ouverture de la cheminée et dans la direction de cette ouverture; de façon que le chien en s'abattant n'appuie pas sur la capsule dans la direction de l'ouverture de la cheminée, mais seulement sur la partie de cette capsule qui s'appuie sur les bords de l'ouverture.

Car les cheminées étant généralement plus dures que les chiens, il arrive fort souvent qu'après quelques coups de fusil, elles laissent leur empreinte dans la tête du chien; ce qui donne lieu à des ratés dont on cherche quelquefois longtemps la cause, ratés qui résultent de la petite élévation de fer qu'a fait croître dans l'intérieur de la tête du chien l'empreinte de la cheminée, et qui bouche l'entrée de cette cheminée quand on fait partir la capsule.

Si l'on ne perce point le chien comme je viens de l'indiquer, il arrive aussi fort souvent, quand les capsules ont peu d'épaisseur, que le choc du chien découpe toute la partie de la capsule qui couvre l'ouverture de la cheminée; cette partie de la capsule

adhère alors à l'extrémité de la cheminée assez fortement pour qu'elle soit difficile à arracher, et peut faire rater le fusil quand on ne s'en aperçoit pas.

Ainsi, un simple trou dans l'intérieur de la tête du chien suffit pour arrêter les détériorations du chien, fait disparaître les inconvénients des capsules trop minces, et empêche les ratés, qui sont le résultat de ces deux causes.

Je suis le premier sans doute qui ait usé de ce moyen, mais quand il s'agit de tir et d'armes de guerre, rien de ce qui est utile ne doit être rejeté.

Pour le soldat d'infanterie, un des plus grands obstacles à la justesse du tir tient au recul, tient à ce que la crosse du fusil, frappant fréquemment la joue de l'homme, finit par lui ôter la hardiesse et la confiance nécessaires pour bien ajuster.

Il en résulte encore un autre mal, c'est que les soldats, à l'insu de leurs chefs, jettent, pour remédier au recul, une partie de la poudre de la cartouche.

Le soldat obtient par ce moyen la diminution du recul : mais l'arme perd la portée ordinaire, la balle arrive naturellement au-dessous du but.

Chaque coup de fusil semble donner un démenti à la théorie et à toutes les prévisions, parce que la charge, variant selon l'intelligence de chaque homme, fait varier le projectile.

En plaçant les lumières des armes à feu le plus en arrière possible, on a fait sans doute beaucoup pour modifier le recul, mais on n'a pas fait assez.

Pour empêcher les soldats de jeter une partie de la cartouche, il faut modifier encore le recul du fusil, en diminuant la crosse, ou plutôt en l'évidant

considérablement à l'endroit qui touche à la joue.

On empêche, par ce moyen, l'effet du recul le plus difficile à supporter pour le soldat, celui qui frappe la joue; l'effet du recul sur l'épaule n'inquiète pas autant le soldat, et ne le pousse pas à jeter une partie de sa poudre pour le diminuer.

Au reste, devant une douleur insupportable, tout commandement devient inutile; on songerait aussi vainement à une surveillance qui, dans beaucoup de cas, peut devenir impossible; il vaut donc mieux mettre en pratique cette règle que ne devraient jamais oublier ceux qui commandent : Pour que le devoir soit fait, il faut le rendre facile.

On dira peut-être qu'il y a beaucoup de fusils dont le recul est très-supportable; mais pour bien juger du recul d'une arme, il faut avoir tiré un assez grand nombre de coups; c'est par conséquent lorsqu'on se bat que le recul devient de plus en plus considérable, et c'est parce que, dans ce cas, les soldats jettent une partie de la poudre de la cartouche que tant de balles sont sans effet.

Croire qu'appuyer sa joue sur une crosse est utile pour bien tirer, surtout quand on ne peut appuyer sa joue qu'avec crainte, comme cela se voit tous les jours, est une erreur.

La grosseur de la crosse du fusil à l'endroit où pose la joue n'est nécessaire ni au tir, ni à la justesse du tir; j'ai vu des fusils de chasse auxquels on avait fait diminuer la crosse à l'endroit où pose la joue, et le chasseur s'en trouvait fort bien; cela lui permettait de mettre un peu plus de poudre et d'augmenter par conséquent la portée de son arme, sans craindre le recul.

D'ailleurs, les mousquetons de la cavalerie et quelques autres armes ayant leurs crosses infiniment plus petites que celle du fusil d'infanterie, ce n'est donc qu'une affaire d'harmonie et de proportion pour cette arme, et dans ce cas, sauf les compensations de poids, on ne doit pas hésiter à sacrifier l'agréable à l'utile.

Avec une crosse trop forte, le soldat ne peut mettre en joue et ajuster ni facilement ni rapidement.

La crosse du fusil (modèle 1822) est tellement considérable, qu'il faut appuyer la joue avec une certaine force sur le bois, pour pouvoir bien distinguer le guidon et établir la ligne de mire ; et si l'on veut ajuster un but avec vivacité. on se frappe fréquemment la joue sur l'arête de l'évidement de la crosse, arête tellement sentie, qu'on se fait mal.

Qu'on juge alors ce que cela doit être avec le recul.

Si l'on a absolument besoin du poids de la crosse pour conserver une sorte d'harmonie dans la pesanteur de l'arme, pesanteur qui d'ailleurs sert aussi à atténuer le recul, on peut toujours diminuer la crosse à l'endroit où pose la joue, en établissant une compensation dans l'épaisseur de la plaque de couche.

Quoique les défauts du fusil d'infanterie qui s'opposent à la justesse du tir, soient peu nombreux, on peut être certain cependant que tant qu'ils existeront on ne saurait arriver à des résultats bien décisifs dans l'instruction du tir.

Les améliorations qui peuvent être faites aux fusils de l'infanterie sont faciles, et si l'on tient vraiment à ce que les soldats deviennent habiles tireurs, il faut savoir tout disposer pour les faire arriver à ce but.

Après les causes qui nuisent aux progrès des soldats

dans l'exercice du tir, et qui tiennent à l'arme, viennent naturellement les causes qui tiennent à la théorie et à la pratique.

La théorie actuelle manque de méthode, pour l'instruction si importante du tir du fusil ; elle n'est pas assez élémentaire, elle ne donne pas à l'instructeur un moyen certain d'apercevoir les défauts du tireur et de les rectifier.

La pratique, étant forcément bornée à un petit nombre de cartouches, ne saurait donner l'habitude sans laquelle on ne peut devenir bon tireur.

Le soldat manque absolument d'habitude dans la manière de mettre en joue, d'ajuster rapidement un but et de lâcher la détente.

C'est dans l'intérêt des habitudes qu'il faut lui créer qu'on devrait supprimer l'inutile tir à poudre, qui ne permet aucune rectification, et qu'on devrait faire exercer assez fréquemment les soldats seulement avec des amorces.

C'est un fort bon moyen pour habituer les soldats à conserver le canon immobile dans la direction du but, quand l'amorce s'enflamme : l'espace de temps, quoique fort court, compris entre l'inflammation de l'amorce et celle de la poudre de l'intérieur du fusil, est toujours le moment le plus critique pour faire dévier le canon de sa direction, et pouvoir rectifier dans ce moment les mouvements du corps et des mains du tireur est d'un immense avantage.

La théorie actuelle se tait cependant sur ces instructions si nécessaires et les plus importantes sans aucun doute pour former d'habiles tireurs ; elle se contente de dire au soldat de bien assurer la crosse à l'épaule,

et de bien ajuster; mais elle ne donne pas à l'instructeur le moyen de voir si le soldat ajuste bien, elle ne lui donne pas le moyen d'observer le manque d'immobilité, le manque d'accord des mains du soldat pendant l'action du tir, elle ne lui donne pas la facilité de rectifier ses défauts, en les lui faisant remarquer.

C'est que le but seul peut dire au soldat qu'il n'assure pas son arme à l'épaule, qu'il n'ajuste pas bien et qu'il ne lâche pas la détente comme il le doit.

Par la théorie et par la pratique actuelle, le chef n'a aucun moyen de juger de l'instruction et des progrès des soldats dans les exercices du tir; il est obligé de s'en rapporter au fait, représenté par la cible et presque toujours décourageant.

En employant les nouveaux principes que je cherche à faire adopter, principes dont la plus importante application consiste à prendre pour but, dans les exercices du tir, l'œil droit de l'instructeur, le chef peut s'assurer tous les jours de l'instruction des hommes, à mesure qu'il les voit établir d'une manière plus rapide la mise en joue, d'une manière plus exacte la ligne de mire; à mesure enfin qu'il les voit approcher davantage de l'immobilité en lâchant la détente; et l'habitude, cette puissance qui vient en aide au zèle des instructeurs et à l'instruction des hommes, lui fait constater chaque jour de nouveaux progrès.

Car l'habitude, comme cela doit être, est la base de l'instruction nouvelle : cette instruction ne fait que diminuer le temps nécessaire pour l'obtenir.

Avec la théorie et la pratique nouvelle, les mouvements particuliers de l'homme, seules causes de la déviation de la direction du fusil, sont aperçus et rec-

tifiés à tout moment et à l'instant, pendant l'action même du tir : avantage qu'on ne saurait trop apprécier; c'est le but animé, c'est le but lui-même qui parle, qui dit au tireur ses défauts et lui enseigne les moyens d'y remédier.

J'ai pour moi l'expérience, j'aime à espérer que ceux qui liront ce travail trouveront que j'ai aussi la raison ; et je crois fermement que si les instructions qu'il renferme sont suivies par des instructeurs consciencieux, on pourra, en employant moins de cartouches qu'il n'en est alloué aujourd'hui par chaque régiment, mais en faisant comme je le prescris, et rigoureusement, tirer à chaque homme *une valeur de 40 à 50 coups de fusil par jour*, faire de nos soldats de bons tireurs dans trois mois, et les rendre tous habiles avant un an.

INSTRUCTION ÉLÉMENTAIRE SUR LE TIR,

A AJOUTER A LA THÉORIE ACTUELLE.

Dans toute instruction sur le tir, on évitera autant qu'il se pourra d'employer des commandements ; habitué à une prompte obéissance, le soldat s'occupe alors beaucoup plus de l'exécution rapide du commandement que de bien mettre en joue et de bien ajuster.

Quoiqu'il soit très-utile de mettre les soldats, le plus tôt possible, en état de se servir avantageusement de leurs armes, il est nécessaire, avant de les faire

passer à cette instruction, qu'ils aient déjà une sorte d'habitude du maniement du fusil. Or, quand on jugera qu'ils sont assez instruits pour devoir se préparer aux exercices du tir, on commencera l'instruction suivante.

Un instructeur peut servir pour vingt hommes; ces hommes sont placés sur un rang, à un pied de distance les uns des autres, et un point noir servant de but, du diamètre tout au plus d'un demi-pouce, sera placé vis-à-vis de chaque homme. Ces buts pourront être tracés sur des murailles ou sur de petites planchettes.

Le but, d'abord placé à dix pas dans les premières leçons, doit s'éloigner de plus en plus, à mesure que les hommes font des progrès, et doit enfin arriver au but en blanc; on augmente alors le diamètre du but en proportion de l'éloignement.

On place le but à dix pas dans les commencements, parce qu'il est alors bien plus facile à l'homme qui ajuste de bien voir les mouvements de son fusil quand il lâche la détente.

L'instructeur expliquera d'abord aux hommes la manière de mettre en joue, c'est-à-dire de bien appuyer la crosse à l'épaule, en soutenant l'arme seulement de la main gauche; puis, la manière d'ajuster, en établissant bien la ligne de mire, du milieu de la queue de la culasse au guidon et au but.

Ensuite, pour s'assurer de l'aptitude de chaque soldat à mettre en joue et à ajuster, l'instructeur se placera à dix pas en avant du premier homme, et lui dira de mettre en joue et d'ajuster en prenant pour but son œil droit.

Ce moyen permet à l'instructeur de s'assurer exactement de la manière d'ajuster de chaque homme.

L'instructeur veillera avec attention à ce que le soldat fasse bien passer la ligne de mire, non de tous les points de la largeur de la queue de la culasse, ce qui est fréquent chez beaucoup de soldats peu intelligents, mais seulement du milieu de la queue de la culasse au guidon et au but qui est l'œil droit de l'instructeur.

Après avoir rectifié s'il y a lieu, l'instructeur passera à un autre homme en recommandant au soldat qu'il quitte de continuer à mettre en joue et à ajuster le but qui est devant lui.

Chaque soldat exécutera successivement la même instruction devant l'instructeur et après son passage; puis fera repos après avoir de lui-même mis dix fois en joue et ajusté le but.

TIR SANS POUDRE.—1re LEÇON.

Quand tous les soldats du rang auront exécuté ces mouvements, l'instructeur donnera l'explication suivante :

Quand le soldat a mis en joue et a bien ajusté le but, il doit, avant de lâcher la détente pour faire feu, fortement appuyer le fusil à son épaule avec la main droite, en tirant l'arme à lui, sans y mettre de roideur cependant, de façon qu'en lâchant la détente, le canon reste immobile dans la direction du but.

L'instructeur se placera ensuite à dix pas en avant du premier soldat, et lui dira alors de mettre en joue, d'ajuster en prenant pour but son œil droit,

et de lâcher la détente quand il aura bien ajusté.

Ces divers mouvements exécutés, l'instructeur fera remarquer au soldat les fautes qu'il a pu commettre en lâchant la détente; il lui dira si le canon du fusil a changé de direction, s'il a été à droite ou à gauche, en haut ou en bas du but, qui était son œil droit.

L'instructeur fera recommencer plusieurs fois le même mouvement, ayant soin alors de demander à l'homme, pour le forcer à y faire attention, si le canon de son fusil s'est porté à droite ou à gauche, en haut ou en bas du but, ce que le soldat peut voir facilement en tirant.

L'instructeur passera ensuite à un autre homme, après avoir recommandé à celui qu'il quitte de continuer à mettre en joue, à ajuster, et à lâcher la détente, après avoir bien ajusté le but placé devant lui.

Chaque soldat exécutera successivement les mêmes mouvements devant l'instructeur, et après son passage; puis fera repos, après avoir de lui-même et sans se presser, mis dix fois en joue, ajusté le but et lâché la détente.

Cette leçon sera donnée pendant huit jours, chaque soldat tirant par jour *une valeur* de 40 à 50 coups de fusil; l'instructeur doit tenir rigoureusement à ce que les hommes lâchent la détente sans communiquer de mouvement au canon, sans le déranger de la direction du but. A mesure que les soldats feront des progrès dans cet exercice, l'instructeur en formera des classes, pour que l'émulation vienne en aide à l'instruction.

TIR SANS POUDRE. — IIe LEÇON.

L'instruction suivante a pour but de donner ce qu'on peut appeler du coup d'œil aux soldats, et de les habituer à ajuster bien et vite; ainsi, le soldat après avoir exécuté cette leçon pendant quelque temps, aura une telle habitude de son fusil et des trois points sur lesquels s'établit la ligne de mire, qu'il saura mettre en joue et ajuster le but presque aussi vite qu'il le voit.

L'instructeur s'attachera surtout à empêcher le soldat de tirer tant que son canon ne sera pas exactement dans la direction du but; cette leçon excitant le soldat à tirer vite, pour montrer qu'il ajuste rapidement, il est aussi très-essentiel de rappeler, pendant ces exercices, les principes prescrits dans la première leçon pour lâcher la détente.

Cette seconde leçon sera divisée en deux parties : la première tend à accoutumer le soldat à mettre en joue, à ajuster et à tirer en partant des deux positions les plus habituelles du fusil; c'est-à-dire, de la position de l'arme sur l'épaule droite, et de la position de l'arme soutenue par les deux mains à hauteur de la ceinture.

La deuxième tend à accoutumer le soldat à mettre en joue, à ajuster et à tirer en partant des deux positions les plus habituelles du fusil, le tout précédé d'un mouvement de flanc gauche ou de flanc droit.

PREMIÈRE PARTIE.

L'instructeur placera ses vingt hommes à quatre pas l'un de l'autre, et les différents buts à quinze pas, vis-à-vis de chaque homme.

Tous les hommes tiendront avec la main droite le fusil à la poignée, et appuyé sur l'épaule droite.

1. L'instructeur se placera ensuite à quinze pas en avant, et vis-à-vis du premier soldat du rang ; il lui dira alors de mettre en joue et de prendre pour but son œil droit, en laissant brusquement tomber son fusil dans sa main gauche ; puis d'ajuster le plus promptement possible, mais de ne lâcher la détente qu'après avoir bien ajusté.

2. L'instructeur rectifiera s'il y a lieu, et passera à un autre soldat, en recommandant à celui qu'il quitte de continuer le même mouvement, en remettant chaque fois son fusil sur l'épaule droite, et de faire repos après avoir exécuté dix fois ce mouvement.

3. L'instructeur, après avoir passé successivement devant tous les hommes et avoir fait un moment de repos, fera prendre à tous les soldats le fusil des deux mains, les bras demi-tendus et dirigés vers la terre.

4. Puis se plaçant vis-à-vis du premier soldat du rang, et à quinze pas en avant, il lui dira de mettre en joue, de prendre pour but son œil droit et d'ajuster le plus promptement possible, etc., continuant l'instruction ainsi qu'il est dit articles 1 et 2 de cette première partie.

DEUXIÈME PARTIE.

1. Les hommes étant placés à quatre pas les uns des autres, l'instructeur leur fera faire par le flanc droit à tous en même temps, et mettre l'arme sur l'épaule droite, comme il a été fait dans la première partie de cette leçon.

Puis l'instructeur se placera à quinze pas et dans la direction de l'épaule gauche du premier homme du rang; il lui dira de mettre brusquement en joue, et de prendre pour but son œil droit, en faisant le mouvement de par le flanc gauche, sans s'astreindre aux principes de la théorie; il continuera ensuite, ainsi qu'il a été dit articles 1 et 2 de la première partie de cette leçon.

2. L'instructeur, après avoir vu et rectifié tous les hommes du rang, et avoir fait un moment de repos, fera faire encore à tous les hommes en même temps par le flanc droit, et, se plaçant dans la direction de l'épaule gauche du premier homme, il fera exécuter successivement le mouvement de mettre brusquement en joue, etc., comme il a été dit ci-dessus, excepté que les hommes, au lieu d'avoir le fusil sur l'épaule pour commencer le mouvement, le tiendront des deux mains, les bras demi-tendus et dirigés vers la terre.

3. L'instructeur, après avoir vu et rectifié tous les hommes, et avoir fait un moment de repos, fera faire par le flanc gauche, et se plaçant à quinze pas et dans la direction de l'épaule droite du premier homme du rang, il lui fera faire en se tournant à droite les mouvements qu'il a fait faire en se tournant à gauche, le

fusil étant sur l'épaule droite, comme il est dit article 1er de cette deuxième partie.

4. Puis il fera faire le même mouvement, le fusil étant dans les deux mains, les bras demi-tendus et dirigés vers la terre, comme il est dit article 2.

L'instructeur aura soin de former des classes des hommes qui mettront en joue et qui ajusteront le plus rapidement.

TIR AVEC AMORCE.

Quand les hommes auront exécuté pendant deux mois les deux leçons précédentes, ils recevront de la poudre pour pouvoir brûler trois amorces pendant quinze jours, à la fin de chaque exercice.

Cette instruction a l'immense avantage sur l'inutile tir à poudre de la théorie actuelle, qu'elle permet encore les rectifications et qu'on habitue les hommes à ce qui les étonne le plus dans les commencements et quand ils sont tout à fait étrangers aux armes à feu, à une explosion qui touche presque leur visage.

L'espace de temps, quoique fort court, compris entre l'inflammation de l'amorce et celle de la poudre de l'intérieur du fusil, est d'ailleurs le moment le plus critique pour faire dévier le canon de sa direction, et pouvoir rectifier dans ce moment les mouvements du corps ou des mains du tireur, est d'un avantage inappréciable.

Avant de commencer cette nouvelle instruction, l'instructeur passera *lui-même* l'inspection de toutes les armes, pour prévenir les accidents.

Puis il se placera à vingt pas, et vis-à-vis du premier

homme de droite du rang, en lui recommandant de mettre en joue, d'ajuster en prenant pour but son œil droit, etc., etc., faisant exécuter successivement tout ce qui a été dit dans les leçons précédentes.

Cette instruction est de la plus grande importance dans les exercices du tir; l'instructeur doit redoubler d'attention en se faisant fréquemment ajuster l'œil droit, afin de rectifier absolument les moindres défauts des hommes; il n'oubliera pas aussi de les interroger très-souvent, aussitôt après l'exécution, sur ces mêmes défauts, afin de forcer les soldats à les remarquer et à se corriger d'eux-mêmes.

TIR A BALLE.

Quand les soldats auront exécuté pendant deux mois et demi toutes les leçons précédentes, ainsi qu'il a été prescrit, on leur donnera, pendant les quinze derniers jours qui complètent le troisième mois, trois cartouches à balle à chacun.

Ces cartouches ne seront tirées qu'à la fin de la leçon : mais on la fera très-courte, de peur de fatiguer les hommes.

La cible ne sera placée qu'à la distance du but en blanc de l'arme.

Quand un soldat est habile tireur pour le but en blanc, il sait bien vite tirer à toutes les distances; on trouve d'ailleurs dans la théorie actuelle toutes les explications nécessaires pour ce dernier tir.

Avant d'exécuter le tir à balle, l'instructeur aura soin de répéter aux jeunes soldats, afin de les empêcher d'avoir la joue frappée par la crosse, qu'ils doi-

vent appuyer fortement de la main droite le fusil à l'épaule avant de lâcher la détente.

L'instructeur doit y mettre toute son attention : on ne saurait croire combien l'appréhension que le recul laisse à un jeune homme qui en a éprouvé quelque mal est nuisible aux progrès du tir, et combien cette appréhension a de peine à disparaître entièrement.

A chaque trimestre, pendant la première année au moins, on consacrera un mois aux exercices du tir; ce mois sera divisé pour les leçons, le brûlé des amorces et des cartouches à balle, dans la proportion des trois mois de l'instruction que je viens de détailler.

Comme on n'a pas d'autre but que de faire prendre aux soldats le plus promptement possible l'habitude du tir, qui seule peut donner l'adresse, quelque fastidieuses et fatigantes que soient les leçons de cette nouvelle instruction, on doit tenir rigoureusement à ce qu'elles soient exécutées, à ce que chaque homme tire par jour le nombre de coups indiqué (une valeur de 40 à 50).

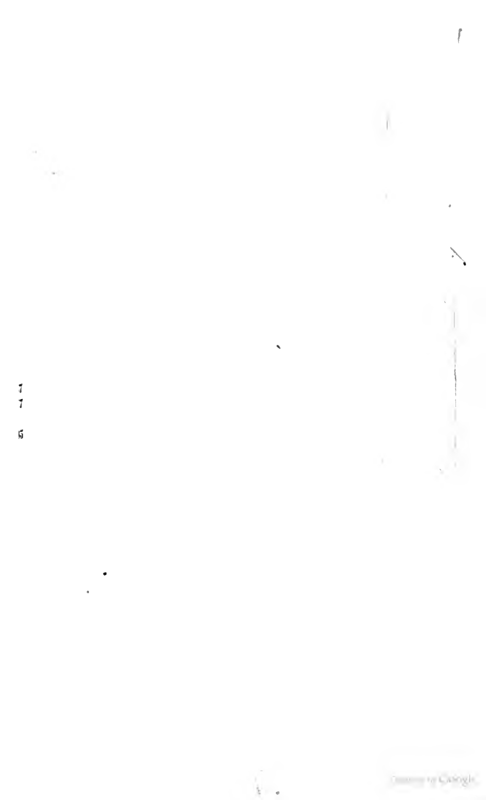
Au reste, à mesure que des soldats viendront montrer leur savoir, leurs progrès à la cible, les autres sentiront davantage l'utilité de ces leçons pour le présent et pour l'avenir ; ils finiront alors par y mettre le zèle qui fait réussir, et on les surprendra, plus d'une fois, s'exerçant d'eux-mêmes dans les chambres.

FIN.

TABLE DES MATIÈRES.

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.





BIBLIOTHÈQUE NATIONALE,

ENCYCLOPÉDIE BELGE.

PUBLIÉE
sous le
PATRONAGE DU GOUVERNEMENT.

1 FR. 25 C. PAR MOIS.

COLLECTION D'OUVRAGES ENTIÈREMENT NEUFS,
sur les sciences,
les arts, l'histoire en général, la littérature flamande et française,
les mœurs, les usages, l'industrie,
les lettres, etc., etc., spécialement appliqués au pays.

DIRECTEUR : M. A. VAN HASSELT,
inspecteur des écoles normales et primaires, membre de l'académie royale.

ÉDITEUR

1 FR. 25 C. PA...

COLLABORATEURS PRINCIPAUX.

BOGAERTS (Félix), professeur à l'athénée d'Anvers, secrétaire perpétuel de l'académie.
BORGNET (A.), professeur à l'université de Liége, membre de l'académie royale de Belgique.
BORGNET (J.), archiviste à Namur.
BUSCHMANN (E.), professeur à l'académie d'Anvers, membre de l'académie royal de Belgique.
COOMANS aîné, avocat.
DEDECKER, représentant et membre de l'académie royale de Belgique.
FÉTIS (E.), conservateur adjoint de la bibliothèque royale.
GAUSSOIN (Eug.), capitaine d'artillerie.
JUSTE (Th.).
LESBROUSSART, professeur à l'université de Liége, membre de l'académie royale de Belgique.

48
beaux volumes
petit in-8o,
MAGNIFIQUEMENT
ILLUSTRÉS DE GRAVURES
EN COULEUR, CARTES, ETC.

LE 1er VOLUME
paraîtra le 31 mars 1846.

COLLABORATEURS PRINCIPAUX.

MOKE, professeur à l'université de Gand, membre de l'académie royale de Belgique.
POLAIN, archiviste de la province de Liége, membre de l'académie royale de Belgique.
REIFFENBERG (Bon de), conservateur de la bibliothèque royale, membre de l'académie royale de Belgique.
SAINT-GENOIS (Bon Jules de), archiviste de la Flandre orientale, membre de l'académie royale de Belgique.
STASSART (Bon de), sénateur, membre de l'académie royale de Belgique.
SNELLAERT (le Dr), membre correspondant de l'académie royale de Belgique.
WILLEMS, membre de l'académie royale de Belgique.

ON SOUSCRIT chez tous les Libraires du royaume, chez lesquels on trouve le prospectus.

Les souscripteurs inscrits avant la mise en vente du 1er volume, jouissent de plusieurs avantages.

